

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Iñigo Lizarralde Gilcuartero
José Sancho Rodríguez
Pamplona, 3 de septiembre 2021

ÍNDICE GENERAL

1- Memoria

2- Anexos

MEMORIA

ÍNDICE

PALABRAS CLAVE	2
1. OBJETIVO.....	2
2. ANTECEDENTES	3
2.1. MOTO STUDENT.....	3
2.1.1. INTRODUCCIÓN A LA COMPETICIÓN	3
2.1.2. PERÍODOS Y ENTREGAS DE LA COMPETICIÓN	4
3. DATOS DE PARTIDA	11
3.1. PAUTAS REGLAMENTO OFICIAL	11
3.2. CUALIDADES GENERALES DEL DISEÑO	11
3.2.1. DIMENSIONES	11
3.2.2. PRUEBA DE CARGA	14
3.2.3. PESO	15
3.2.4. SUSPENSIONES	15
4. LA SUSPENSIÓN TRASERA EN MOTOCICLETAS.....	15
4.1. HISTORIA DEL ARTE.....	15
4.2. ELEMENTOS QUE AFECTAN A LA SUSPENSIÓN.....	16
4.2.1. MUELLE	16
4.2.2. PRECARGA.....	18
4.2.3. SAG	18
4.2.4. CONSTANTE DEL AMORTIGUADOR	19
4.3. CONFIGURACIONES DE SUSPENSIÓN	21
4.4. SISTEMA DE BIELETAS Y TIRANTE.....	24
4.5. EFECTO DE LA CADENA Y SQUAT.....	31
4.6. HOLESHOT	36
4.7. SISTEMAS DE SUSPENSIÓN A ELEGIR	38
4.7.1. SUSPENSIÓN DIRECTA AL BASCULANTE.....	38
4.7.2. SISTEMA DE BIELETAS Y TIRANTES (Rocker Link).....	41
4.7.3. BIELETAS MONTADA DIRECTAMENTE AL BASCULANTE.....	46
5. ELECCION DEL SISTEMA Y CARACTERÍSTICAS.....	49
5.1. COMPORTAMIENTO ÓPTIMO	50
5.2. AMORTIGUADOR UTILIZADO	51
5.3. ELECCIÓN DEL SISTEMA	53
6. DESARROLLO DE LA SUSPENSIÓN	54
7. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	72
7.1. ELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	73
7.2. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN	74
8. ANALISIS ELEMENTOS FINITOS	78
8.1. ELECCION DEL MATERIAL	82
9. SITUACIÓN REAL.....	83

10.	PRESUPUESTO	84
11.	CONCLUSIÓN	85
12.	LA COMPETICIÓN	86
13.	BIBLIOGRAFIA	87

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Etapas del proyecto. Recuperado de [1]	4
Tabla 2 Calendario a seguir de las diferentes entregas. Recuperado de [1]	4
Tabla 3 Desglose de puntos del MS1. Recuperado de [1]	5
Tabla 4 Puntuaciones según la posición obtenida en la prueba de frenado. Recuperado de [1]	6
Tabla 5 Puntuaciones obtenidas en la Gymkhana. Recuperado de [1]	6
Tabla 6 Puntuaciones según la posición obtenida en la gymkhana	
Tabla 7 Puntuaciones según la posición obtenida en la prueba de aceleración. Recuperado de [1]	7
Tabla 8 Puntuaciones obtenidas según la velocidad máxima. Recuperado de [1]	7
Tabla 9 Puntuaciones obtenidas en la prueba de regularidad. Recuperado de [1]	8
Tabla 10 Puntuaciones obtenidas en la prueba pole position	8
Tabla 11 Puntuaciones best lap o vuelta rápida de la carrera. Recuperado de [1]	9
Tabla 12 Puntuación según la clasificación de carrera. Recuperado de [1]	9
Tabla 13 Desglose de puntos totales MS2. Recuperado de [1]	10
Tabla 14 Tabla de valores para la realización de las gráficas. Elaboración propia.	70
Tabla 15 Tabla de valores para la realización de las gráficas. Elaboración propia.	71
Tabla 16 Presupuesto destinado a la suspensión trasera. Elaboración propia	84

ÍNDICE GRÁFICOS

Grafico 1 Fuerza vertical de la rueda frente al desplazamiento de la misma. Recuperado de [2]	39
Grafico 2 Constante efectiva de la rueda frente a su desplazamiento. Recuperado de [2]	40
Grafico 3 Constante efectiva de la rueda frente a su desplazamiento. Recuperado de [2]	42
Grafico 4 Fuerza vertical sobre la rueda frente a su desplazamiento. Recuperado de [2]	43
Grafico 5 Constante efectiva de la rueda frente a el desplazamiento vertical. Recuperado de [2]	45
Grafico 6 Fuerza vertical sobre la rueda frente a su desplazamiento vertical. Recuperado de [2]	46
Grafico 7 Fuerza vertical sobre la rueda frente al desplazamiento vertical de esta, de cada uno de los casos. Recuperado de [2]	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 8 Constante de la rueda frente a su desplazamiento, de cada uno de los casos. Recuperado de [2]	48

Grafico 9 Datos y gráfica resultante de la suspensión delantera. Recuperado de [2] ..	55
Grafico 10 Comportamiento de la suspensión delantera sin precarga. Elaboración propia.	56
Grafico 11 Datos y comportamiento del primer diseño de bieletas y tirante. Elaboración propia.....	62
Grafico 12 Datos y gráfica del comportamiento del segundo diseño. Elaboración propia.	62
Grafico 13 Datos y comportamiento del tercer diseño planteado. Elaboración propia.	63
Grafico 14 Datos y gráfica del comportamiento del cuarto diseño. Elaboración propia.	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 15 Datos y gráfica del comportamiento del cuarto diseño. Elaboración propia.	64
Grafico 16 Fuerzas sobre el muelle y rueda frente al desplazamiento vertical, del segundo diseño. Elaboración propia.	65
Grafico 17 Fuerzas sobre el muelle y rueda frente al desplazamiento vertical, del quinto diseño. Elaboración propia.	65
Grafico 18 Relación entre la fuerza ejercida sobre el muelle y la rueda, y el desplazamiento vertical de la rueda. Elaboración propia.	66
Grafico 19 Constante de la rueda frente al desplazamiento vertical de la misma. Elaboración propia.....	67
Grafico 20 Compresión del amortiguador frente al desplazamiento vertical de la rueda. Elaboración propia.....	67
Grafico 21 Variación del ángulo del basculante frente al desplazamiento vertical de la rueda. Elaboración propia.....	68
Grafico 22 Fuerzas soportadas por el basculante. Elaboración propia.	68
Grafico 23 Fuerzas soportadas por las bieletas y el tirante. Elaboración propia.....	69
Grafico 24 Cantidad de energía almacenada por el muelle. Elaboración propia	70

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Logo MotoStudent y Moto Engineering Foundation. Recuperado de [1]...	3
Ilustración 2 Kit proporcionado por la organización. Recuperado de [1].....	11
Ilustración 3 Anchura mínima, entre los extremos de los semi manillares. Recuperado de [1]	12
Ilustración 4 Ángulo mínimo de inclinación lateral. Recuperado de [1]	12
Ilustración 5 Distancia entre el pavimento y la parte inferior de la motocicleta. Recuperado de [1]	13
Ilustración 6 Medidas máximas parte anterior, posterior y altura del colín. Recuperado de [1]	13
Ilustración 7 Límites de longitud de elementos del prototipo. Recuperado de [1]	13
Ilustración 8 Ángulos limitantes a la hora de realizar el diseño. Recuperado de [1]	14
Ilustración 9 Esquema de aplicación de cargas. Recuperado de [2]	14
Ilustración 10 modelo de basculante y suspensión trasera inicial. Recuperado de [2] .	16
Ilustración 11 Compresión de un muelle hasta su estado sólido. Recuperado de [3]...	17
Ilustración 12 Diferentes tipos de muelles	17

Ilustración 13 Comportamiento del muelle frente a la carga estática. SAG. Recuperado de [5]	19
Ilustración 14 Ejemplificación del cálculo de VR. Recuperado de [2]	20
Ilustración 15 VR para amortiguadores en ángulo. Recuperado de [2]	21
Ilustración 16 Puntos clave de una suspensión inclinada. Recuperado de [2]	22
Ilustración 17 Comportamiento de un amortiguador dependiendo de su ángulo de inclinación. Recuperado de [2].....	22
Ilustración 18 Geometría en extensión y compresión de un ejemplo de sistema de bieletas. Recuperado de [2]	24
Ilustración 19 Cálculo del VR en un sistema de bieletas. Recuperado de [2]	25
Ilustración 20 Sistema de suspensión Drysdale. Recuperado de [2].....	26
Ilustración 21 Modelo en los inicios de las suspensión con tirantes. Recuperado de [2]	27
Ilustración 22 Sistema de bieletas, entre ellos el diseñado por kawasaki. Recuperado de [2].....	28
Ilustración 23 Sistema Uni track, Kaawasaki. Recuperado de [2]	28
Ilustración 24 Modelos de 1980 de suspensión de Yamaha. Recuperado de [2]	29
Ilustración 25 Diseño de suspensión del Dr. Tuli. Recuperado de [2]	29
Ilustración 26 Modelo de suspensión diseñado por Tuli. Recuperado de [2]	30
Ilustración 27 Sistema de la suspensión de una Moto Gp actual. Recuperado de [2]...	30
Ilustración 28 Radio de movimiento de la rueda y del basculante. Recuperado de [2]	31
Ilustración 29 Dirección de las fuerzas generadas por la cadena y el basculante. Recuperado de [2]	32
Ilustración 30 Cálculo del centro de fuerzas instantáneo. Recuperado de [2]	32
Ilustración 31 Fuerzas generadas en la motocicleta. Recuperado de [2].....	33
Ilustración 32 Diferentes casos de squat, según el porcentaje de inclinación. Recuperado de [2]	33
Ilustración 33 Variación del centro de fuerzas instantáneo. Recuperado de [2]	34
Ilustración 34 Variación del anti-squat según la compresión de la suspensión. Recuperado de [2]	35
Ilustración 35 Centros de fuerzas instantáneos según la posición del piñón. Recuperado de [2]	35
Ilustración 36 Fuerzas generadas por el anti-squat. Recuperado de [2].....	36
Ilustración 37 Palanca de accionamiento del Holeshoot en la Ducati moto GP. Recuperado de [6]	36
Ilustración 38 Diferencia de altura del tren trasero al activar el sistema Holeshoot. Recuperado de [7]	37
Ilustración 39 Diferentes diseños de suspensión directa. Recuperado de [2].....	39
Ilustración 40 Diferentes posibilidades de sistemas de bieletas. Recuperado de [2]....	41
Ilustración 41 Diferentes configuraciones del sistema de bieletas. Recuperado de [2]	42
Ilustración 42 Medidas clave para obtener el VR. Recuperado de [2]	44
Ilustración 43 Modelo de suspensión con bieletas y tirante anclado al chasis. Recuperado de [2]	44
Ilustración 44 Diferentes configuraciones de bieletas. Recuperado de [2].....	46
Ilustración 45 Diferentes configuraciones de bieletas y tirante. Recuperado de [2].....	47
Ilustración 46 Amortiguador seleccionado para montar en el prototipo. Recuperado de [8].....	51

Ilustración 47 Composición de la geometría a desarrollar. Elaboración propia.....	53
Ilustración 48 Datos de partida introducidos en el programa Tony Foale. Elaboración propia.....	54
Ilustración 49 Tipos de configuraciones del sistema bieleta tirante. Recuperado de [2]	57
Ilustración 50 Datos de entrada de la geometría del basculante. Elaboración propia..	58
Ilustración 51 El punto rojo indica el (0,0) en las coordenadas del programa. Elaboración propia.....	58
Ilustración 52 Coordenadas del amortiguador. Elaboración propia.	59
Ilustración 53 Datos que intervienen en el funcionamiento de la suspensión trasera. Elaboración propia.....	59
Ilustración 54 Datos del piñón y la corona que se van a utilizar en el prototipo. Elaboración propia.....	60
Ilustración 55 Suspensión diseñada del prototipo. Colocada en el lugar dónde se situará. Elaboración propia.	61
Ilustración 56 Geometría que se debe especificar en el programa. Recuperada de [2].	61
Ilustración 57 Máxima compresión en el segundo diseño .Elaboración propia	65
Ilustración 58 Máxima compresión en el quinto diseño. Elaboración propia.	66
Ilustración 59 Diseño de las bieletas. Elaboración propia.	72
Ilustración 60 Diseño del tirante. Elaboración propia.	72
Ilustración 61 Anclaje del tirante al basculante. Elaboración propia.....	73
Ilustración 62 Rodamientos seleccionados para el tirante y la orejeta. Recuperado de [9].....	74
Ilustración 63 Anclaje superior del amortiguador al chasis. Elaboración propia.....	74
Ilustración 64 Anclaje del tirante al basculante. Elaboración propia.....	75
Ilustración 65 Pasador diseñado para las bieletas, sustituido debido a una rotura. Elaboración propia.....	75
Ilustración 66 Ensamblaje de la parte inferior del sistema. Arandela, pasador, bieletas y tirante. Elaboración propia.	76
Ilustración 67 Ensamblaje final del sistema. Elaboración propia.....	76
Ilustración 68 Ensamblaje del sistema. Elaboración propia.	77
Ilustración 69 Vista detallada de zonas del mallado. Elaboración propia.	78
Ilustración 70 Malla utilizada para la simulación. Elaboración propia.....	78
Ilustración 71 Rotaciones aplicadas a los elementos. Elaboración propia.	79
Ilustración 72 Fuerza aplicada, y fixed support. Elaboración propia	79
Ilustración 73 Propiedades del material elegido para la simulación. Elaboración propia.	80
Ilustración 74 Tensiones soportadas por el tirante. Elaboración propia.....	80
Ilustración 75 Concentración de tensiones en las bieletas. Elaboración propia	81
Ilustración 76 Ensayo de tensiones del conjunto. Elaboración propia.....	81
Ilustración 77 Desplazamiento máximo sufrido por el conjunto. Elaboración propia...	82

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

PALABRAS CLAVE

Suspensión, bieletas, tirante, amortiguador, precarga

1. OBJETIVO

En el presente proyecto se realizará el diseño y desarrollo del sistema de suspensión trasera de una moto de competición, para su posterior fabricación. Esta suspensión pertenece concretamente a la moto eléctrica desarrollada por el equipo UPNA Racing para la competición MotoStudent electric.

El objetivo es el diseño para una moto de dimensiones equivalentes a una moto3. Se pretenderá desarrollar la suspensión para su correcto funcionamiento y puesta a punto una vez fabricadas las piezas que componen el diseño de la misma.

El diseño se deberá ajustar a un presupuesto razonable y que pueda asumir el equipo. Para ello se buscarán patrocinadores y así, rebajar los costes de fabricación. Además, debe cumplir las restricciones impuestas por la organización de la competición.

El sistema de suspensión trasera tiene diferentes variantes y opciones de diseño, por lo que se valorará y se escogerá la mejor opción en consecuencia al diseño estructural del chasis y el basculante, asimismo el anclaje y colocación del amortiguador será fundamental a la hora de realizar el diseño.

Tras la realización del diseño se someterá a simulaciones mediante elementos finitos, de tal forma que dependiendo de los resultados de estas, se decidirá el material óptimo con el que se fabricarán las piezas pertinentes teniendo en cuenta los factores que más influyan a la hora de su funcionamiento.

Para todo el proceso será necesario comenzar recabando información desde modelos accesibles del mercado, hasta modelos fabricados a medida para motos de competición, los cuales deberán ser la referencia de este proyecto.

2. ANTECEDENTES

Este proyecto se plantea a raíz del nacimiento del equipo MotoStudent UPNA, el cuál esta dedicado al diseño y fabricación de una moto de competición. El diseño realizado engloba tanto las partes estructurales de la moto, como la parte eléctrica para conseguir la puesta en marcha del motor y su correcto funcionamiento.

La finalidad del proyecto global es competir contra otras universidades en el circuito Motorland de Aragón. Para ello, se deberán realizar varias entregas de diferentes ámbitos siguiendo una normativa específica dada por los jueces de la competición durante el proceso de diseño y construcción de la moto.

A continuación se va a profundizar en las características y origen del proyecto para dar una visión más adecuada del mismo.

2.1. MOTO STUDENT

2.1.1. INTRODUCCIÓN A LA COMPETICIÓN

La competición de MotoStudent es un desafío académico entre equipos de estudiantes que deberán diseñar una motocicleta -en este caso eléctrica- que será evaluada y puesta a prueba en un evento final, en las instalaciones del circuito internacional de Aragón llamado Motorland, situado en la zona de Alcañiz.

Esta competición esta promovida por la organización Moto Engineering Foundation (MEF) y Techno Park Motorland. Ambas entidades organizan la competición y valoran los proyectos presentados por los distintos equipos inscritos.



Ilustración 1 Logo MotoStudent y Moto Engineering Foundation. Recuperado de [1]

El tiempo desde que se acaba el plazo de inscripción hasta la prueba final es de 18 meses, durante los que se deben realizar diferentes entregas de carácter variado. Será durante este periodo el gran reto en el que los integrantes de cada equipo deberán aplicar conocimientos que abarquen todos los campos de la ingeniería: mecánica, materiales, organización de un proyecto, electricidad, electrónica, etc.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

2.1.2. PERÍODOS Y ENTREGAS DE LA COMPETICIÓN

Los prototipos se diseñarán en diferentes etapas, en las que se realizarán diferentes entregas del proyecto. Estas entregas se evaluarán en una serie de pruebas, divididas en dos fases, MS1 y MS2.

ETAPA	PUNTUABLE
Milestones	No*
Verificaciones Técnicas	No
Fase MS1: Proyecto	Sí
Fase MS2: Pruebas dinámicas	Sí

Tabla 1 Etapas del proyecto. Recuperado de [1]

Todos los equipos deberán superar el mínimo de puntos impuesto por la organización en cada una de las etapas.

Durante los 18 meses de diseño y desarrollo del prototipo se efectuarán las entregas de cada fase. Cada una de ellas tiene otorgada una fecha para mostrar el trabajo continuo del proyecto. A continuación se adjunta el calendario que se debía seguir en esta edición, sin embargo, la pandemia ocasionada por Covid-19 ha hecho que se retrasen gran parte de las entregas.

Period	DATE Start End	2019												2020											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Team Registration	28/01/2019 30/04/2019																								
MS1 Delivery 1: Chapter A – Concept development	01/10/2019 31/10/2019																								
MSE Special Milestone 1: Electric Scheme	01/11/2019 30/11/2019																								
Admin Milestone 1: Team members	01/12/2019 31/12/2019																								
MSE Special Milestone 2: Battery Pack specs	01/02/2020 29/02/2020																								
MS1 Delivery 2: Chapter B – Product design	01/03/2020 31/03/2020																								
MSE Special Milestone 3: Battery Pack assembly	01/05/2020 31/05/2020																								
MS1 Delivery 3: Chapter D – Innovation	01/07/2020 31/07/2020																								
MS1 Delivery 4: Chapter E – Business Plan	01/07/2020 31/07/2020																								
MSE Special Milestone 4: Electric Powertrain Test	01/07/2020 31/08/2020																								
MS1 Delivery 5: Chapter C – Prototyping and testing	01/08/2020 31/08/2020																								
Admin Milestone 2: Data Accreditations	01/08/2020 31/08/2020																								
Admin Milestone 3: Rider Data	01/09/2020 15/09/2020																								
MS1 Delivery 6: MS1 presentations	01/09/2020 30/09/2020																								
Final Event	Autumn 2020																								

Tabla 2 Calendario a seguir de las diferentes entregas. Recuperado de [1]

Como se puede observar, el evento final tendría que haberse dado en otoño del 2020, concretamente en octubre del mismo. No obstante, con todo lo ocurrido la prueba final tendrá lugar en julio de 2021.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Cada una de las entregas efectuadas al final de su correspondiente periodo serán valoradas por un jurado experto en la materia. Esta, es una competición ingenieril, no solo una carrera, por lo que la repartición de los puntos de evaluación no se da solamente en la carrera, estos se reparten de la siguiente forma:

- La MS1 se valorará sobre 500 puntos que se distribuirán en diferentes entregas a lo largo del calendario. La primera parte de la puntuación corresponde a las entregas previas a la competición:
 - A. Concept development: 50 puntos
 - B. Product design: 75 puntos
 - C. Prototyping and testing: 75 puntos
 - D. Innovation: 100 puntos
 - E. Business plan: 100 puntos

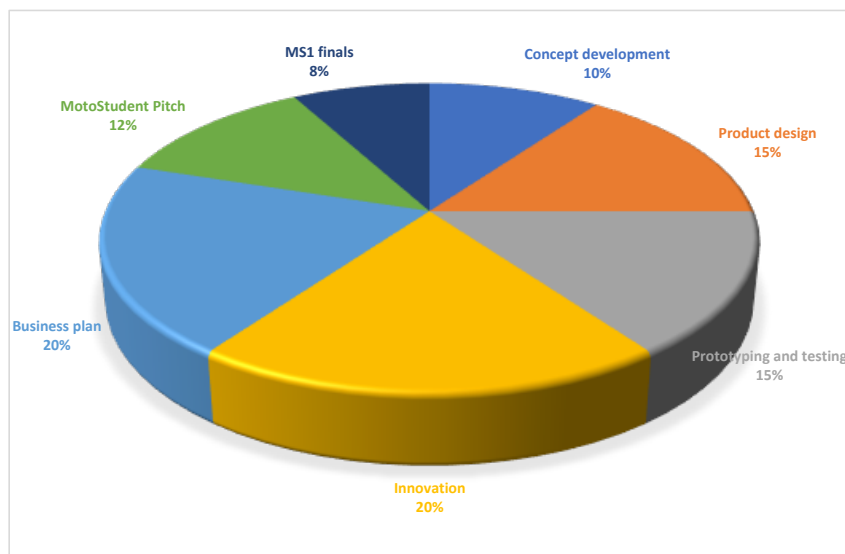
La segunda parte de la valoración será durante el evento final y se dividirá en:

- MotoStudent Pitch: 60 puntos
- MS1 Finals: 40 puntos

Únicamente 3 equipos seleccionados de desing, 3 de innovation y 3 de MS1 project, podrán optar a la puntuación de MS1 finals, otorgándoles la puntuación máxima de esta fase. Los equipos no seleccionados, sólo podrán conseguir una valoración máxima de 460 puntos.

NOMBRE	PUNTOS
Concept development	50
Product design	75
Prototyping and testing	75
Innovation	100
Business plan	100
MotoStudent Pitch	60
MS1 finals	40
TOTAL	500

Tabla 3 Desglose de puntos del MS1. Recuperado de [1]



Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

- La fase MS2 consiste en una serie de pruebas planteadas para evaluar el comportamiento dinámico y las prestaciones del prototipo fabricado. Para tomar parte en esta fase es necesario haber superado todos los requisitos impuestos por la organización previamente. Los prototipos deberán presentarse en condiciones aptas para tomar parte de las pruebas dinámicas y el cuerpo técnico de la organización podrá chequear en cualquier instante la condiciones de los prototipos durante la prueba.
- La **primera prueba** consistirá en la prueba de frenado. La puntuación se otorgará según las distancias obtenidas (de menor a mayor).

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	60	18º	31	35º	14
2º	55	19º	30	36º	13
3º	52	20º	29	37º	12
4º	50	21º	28	38º	11
5º	48	22º	27	39º	10
6º	46	23º	26	40º	9
7º	44	24º	25	41º	9
8º	42	25º	24	42º	8
9º	40	26º	23	43º	8
10º	39	27º	22	44º	7
11º	38	28º	21	45º	7
12º	37	29º	20	46º	6
13º	36	30º	19	47º	6
14º	35	31º	18	48º	5
15º	34	32º	17	49º	5
16º	33	33º	16	50º	5
17º	32	34º	15	...	1

Tabla 4 Puntuaciones según la posición obtenida en la prueba de frenado. Recuperado de [1]

- La **segunda prueba** consistirá en una gymkhana cronometrada, y la puntuación se otorgará mediante una clasificación de tiempos. El piloto que consiga completarla en el menor tiempo, será el ganador. En este caso la puntuación del ganador (puntuación máxima) será de 100 puntos a diferencia de la primera prueba, en la cuál el máximo de puntos a obtener es 60.

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	100	18º	46	35º	21
2º	90	19º	44	36º	20
3º	85	20º	42	37º	19
4º	80	21º	40	38º	18
5º	75	22º	38	39º	17
6º	70	23º	36	40º	16
7º	68	24º	34	41º	15
8º	66	25º	32	42º	14
9º	64	26º	30	43º	13
10º	62	27º	29	44º	12
11º	60	28º	28	45º	11
12º	58	29º	27	46º	10
13º	56	30º	26	47º	9
14º	54	31º	25	48º	8
15º	52	32º	24	49º	7
16º	50	33º	23	50º	6
17º	48	34º	22	...	5

Tabla 5 Puntuaciones obtenidas en la Gymkhana. Recuperado de [1]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

- La **tercera prueba** consistirá en medir la aceleración de cada prototipo. La clasificación se realizará según el tiempo marcado por cada uno de los pilotos, siendo el menor tiempo el mejor de la clasificación.

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	60	18º	31	35º	14
2º	55	19º	30	36º	13
3º	52	20º	29	37º	12
4º	50	21º	28	38º	11
5º	48	22º	27	39º	10
6º	46	23º	26	40º	9
7º	44	24º	25	41º	9
8º	42	25º	24	42º	8
9º	40	26º	23	43º	8
10º	39	27º	22	44º	7
11º	38	28º	21	45º	7
12º	37	29º	20	46º	6
13º	36	30º	19	47º	6
14º	35	31º	18	48º	5
15º	34	32º	17	49º	5
16º	33	33º	16	50º	5
17º	32	34º	15	...	1

Tabla 6 Puntuaciones según la posición obtenida en la prueba de aceleración. Recuperado de [1]

- La **Cuarta prueba** consiste en la velocidad máxima alcanzada por el prototipo. Esta velocidad se medirá durante la primera sesión libre de entrenamientos. La mayor velocidad medida en la trampa de velocidad será la que obtenga la máxima puntuación.

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	30	18º	10	35º	7
2º	28	19º	10	36º	6
3º	26	20º	10	37º	6
4º	24	21º	9	38º	6
5º	22	22º	9	39º	6
6º	20	23º	9	40º	6
7º	19	24º	9	41º	5
8º	18	25º	9	42º	5
9º	17	26º	8	43º	5
10º	16	27º	8	44º	5
11º	15	28º	8	45º	5
12º	14	29º	8	46º	4
13º	13	30º	8	47º	4
14º	12	31º	7	48º	4
15º	11	32º	7	49º	4
16º	10	33º	7	50º	4
17º	10	34º	7	...	1

Tabla 7 Puntuaciones obtenidas según la velocidad máxima. Recuperado de [1]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

- La **quinta prueba** consiste en la regularidad. El piloto dará vueltas y se medirá el tiempo que marque en un sector concreto durante tres vueltas. De esas tres mediciones se tomará el menor tiempo (más rápida) y el mayor tiempo (más lenta). Se determinará la diferencia entre ambas, y ese valor, marcará la posición de cada equipo y por tanto, la puntuación.

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	30	18º	10	35º	7
2º	28	19º	10	36º	6
3º	26	20º	10	37º	6
4º	24	21º	9	38º	6
5º	22	22º	9	39º	6
6º	20	23º	9	40º	6
7º	19	24º	9	41º	5
8º	18	25º	9	42º	5
9º	17	26º	8	43º	5
10º	16	27º	8	44º	5
11º	15	28º	8	45º	5
12º	14	29º	8	46º	4
13º	13	30º	8	47º	4
14º	12	31º	7	48º	4
15º	11	32º	7	49º	4
16º	10	33º	7	50º	4
17º	10	34º	7	...	1

Tabla 8 Puntuaciones obtenidas en la prueba de regularidad. Recuperado de [1]

- La **sexta prueba** será la pole position. El mejor tiempo de vuelta realizado durante la clasificación será el ganador de esta prueba. Además de obtener la primera posición de salida para la carrera, conseguirá 40 puntos.

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	40	18º	13	35º	7
2º	36	19º	13	36º	6
3º	34	20º	12	37º	6
4º	32	21º	12	38º	6
5º	30	22º	11	39º	5
6º	28	23º	11	40º	5
7º	26	24º	10	41º	5
8º	24	25º	10	42º	4
9º	22	26º	10	43º	4
10º	20	27º	9	44º	4
11º	19	28º	9	45º	3
12º	18	29º	9	46º	3
13º	17	30º	8	47º	3
14º	16	31º	8	48º	2
15º	15	32º	8	49º	2
16º	14	33º	7	50º	2
17º	14	34º	7	...	1

Tabla 9 Puntuaciones obtenidas en la prueba pole position.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

- Tanto la séptima como la octava prueba se darán en el transcurso de la carrera. La **séptima prueba** corresponde a la mejor vuelta marcada por un prototipo y su piloto durante el transcurso de la carrera.

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	30	16º	10	31º	5
2º	28	17º	10	32º	5
3º	26	18º	9	33º	4
4º	24	19º	9	34º	4
5º	22	20º	9	35º	4
6º	20	21º	8	36º	3
7º	19	22º	8	37º	3
8º	18	23º	8	38º	3
9º	17	24º	7	39º	2
10º	16	25º	7	40º	2
11º	15	26º	7	41º	2
12º	14	27º	6	42º	1
13º	13	28º	6	43º	1
14º	12	29º	6	44º	1
15º	11	30º	5	...	0

Tabla 10 Puntuaciones best lap o vuelta rápida de la carrera. Recuperado de [1]

- La **octava** y última valoración corresponderá a la posición de finalización de la carrera. En el caso del MotoStudent Electric, se darán 6 vueltas al trazado del circuito de Motorland, completando un total de 30,5 kilómetros aproximadamente.

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	150	16º	65	31º	20
2º	140	17º	60	32º	18
3º	130	18º	55	33º	16
4º	125	19º	50	34º	14
5º	120	20º	45	35º	12
6º	115	21º	40	36º	10
7º	110	22º	38	37º	8
8º	105	23º	36	38º	7
9º	100	24º	34	39º	6
10º	95	25º	32	40º	5
11º	90	26º	30	41º	4
12º	85	27º	28	42º	3
13º	80	28º	26	43º	2
14º	75	29º	24	44º	1
15º	70	30º	22	...	0

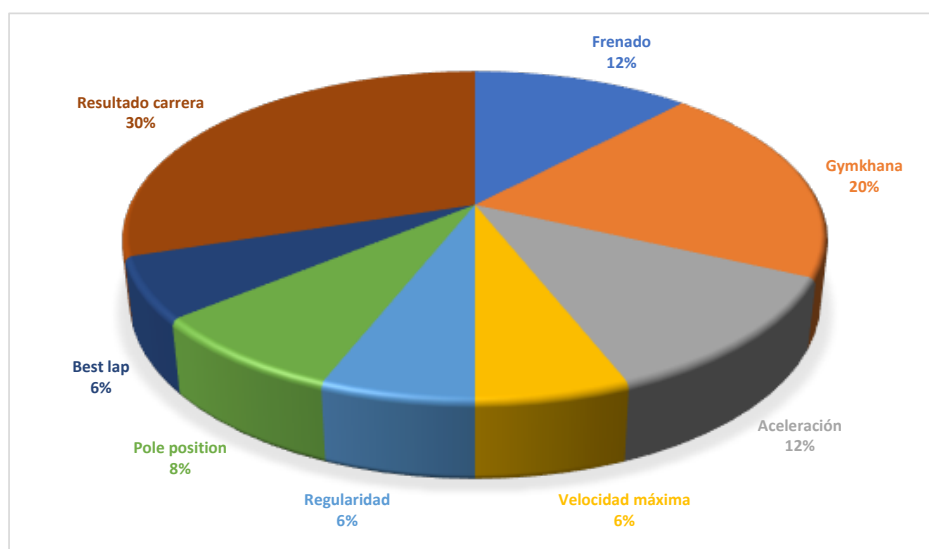
Tabla 11 Puntuación según la clasificación de carrera. Recuperado de [1]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Las puntuaciones del evento final correspondientes a las puntuaciones del MS2 se pueden resumir en el reparto de 500 puntos de la siguiente forma:

NOMBRE PRUEBA	PUNTOS MÁXIMOS
Frenado	60
Gymkhana	100
Aceleración	60
Velocidad máxima	30
Regularidad	30
Pole position	40
Best lap	30
Resultado carrera	150
TOTAL	500

Tabla 12 Desglose de puntos totales MS2. Recuperado de [1]



En definitiva, el método de evaluar la competición por la organización, no sólo se centra en el único ganador de la carrera, que aun siendo la prueba más visible, no es la más relevante debido al largo proceso que conlleva la creación de un prototipo de estas características.

Así pues, la organización da la oportunidad de premiar en diferentes ámbitos a todos los equipos y así, de cierta manera, da más visibilidad a partes del proyecto que no se ven tan reflejadas en las pruebas del evento final.

3. DATOS DE PARTIDA

En el caso de este proyecto, como se ha comentado anteriormente, se centrará en el diseño del sistema de la suspensión trasera. Para ello, se tomará como base de partida las limitaciones impuestas por la organización en el reglamento oficial del MotoStudent. En él, encontraremos medidas que cumplir para el diseño de los prototipos.

3.1. PAUTAS REGLAMENTO OFICIAL

La organización establece a través del reglamento oficial ciertos límites a la hora de realizar el diseño del prototipo. Con él, se pretende homogeneizar todas las variantes que cada equipo elija a la hora de desarrollar la motocicleta. Esto llevará a los equipos a mantener un camino relativamente común, pero, manteniendo la originalidad y creatividad de cada uno a la hora del diseño del prototipo.

Este reglamento engloba diferentes características del diseño de la motocicleta, que se deben cumplir para, posteriormente, superar las pruebas de verificación y así, tener la posibilidad de competir en el evento final y optar a la puntuación del MS2.

Por tanto, para dar inicio al diseño de la suspensión, se analizará las reglas impuestas por la organización que afecten al proceso de proyecto (existen más que las mencionadas a continuación) , en lo que a geometría y modelado se refiere.

3.2. CUALIDADES GENERALES DEL DISEÑO

El diseño del prototipo debe ser diseñado, creado y ensamblado por los participantes del equipo, sin la participación de ningún ingeniero profesional, ingenieros de competición, mecánicos, etc.

La organización se encarga de proveer a los equipos con un mismo kit para cada uno de ellos. Este kit incluye un motor eléctrico, una centralita de gestión del motor, 1 juego de neumáticos (delantero y trasero), pinzas y bombas de freno.

3.2.1.



Ilustración 2 Kit proporcionado por la organización. Recuperado de [1]

DIMENSIONES

Las dimensiones del prototipo son libres exceptuando los requisitos básicos que se van a exponer a continuación.

La anchura mínima entre los extremos de los manillares debe ser de 450mm.

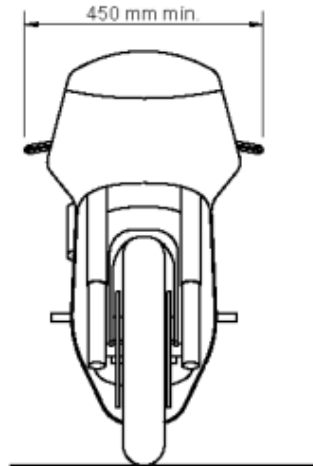


Ilustración 3 Anchura mínima, entre los extremos de los semi manillares. Recuperado de [1]

Durante el giro de una curva, el prototipo adopta un ángulo de inclinación. Durante esta inclinación, no debe haber ningún elemento en contacto con el suelo. Para ello, es necesario que el ángulo mínimo de inclinación sea de 50° , entre el pavimento y la parte más externa de la moto.

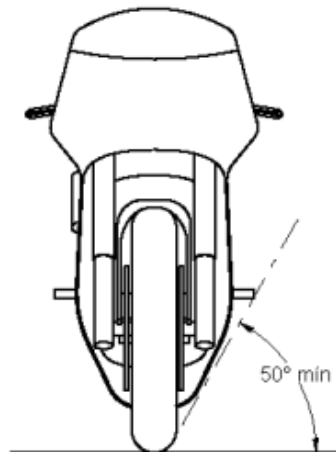


Ilustración 4 Ángulo mínimo de inclinación lateral. Recuperado de [1]

La distancia entre la parte más baja del prototipo y el pavimento, con la motocicleta descargada, en posición vertical y en situación de reposo, debe ser como mínimo 100mm.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

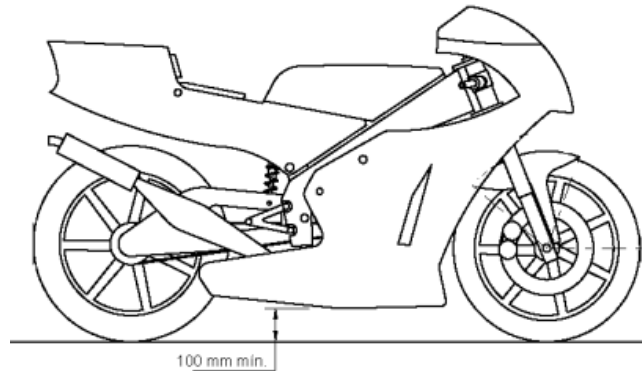


Ilustración 5 Distancia entre el pavimento y la parte inferior de la motocicleta. Recuperado de [1]

Respecto la altura y anchura del carenado, existen límites también, estos no deben superar los 600mm en la parte anterior de la moto, y los 450mm en la parte posterior. Además, el colín no debe tener una altura superior a 150mm desde el asiento.

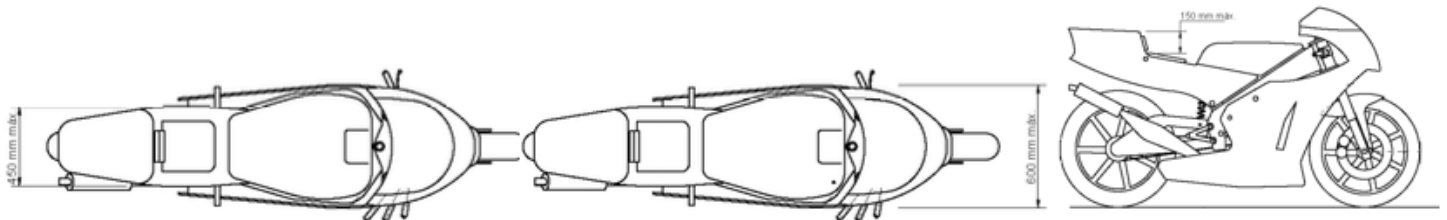


Ilustración 6 Medidas máximas parte anterior, posterior y altura del colín. Recuperado de [1]

Además, hay que cumplir con los límites de longitud impuestos. Ningún elemento del prototipo puede rebasar la línea tangente marcada por la rueda trasera, ni puede sobrepasar la línea tangente delimitada por la circunferencia de la rueda delantera.

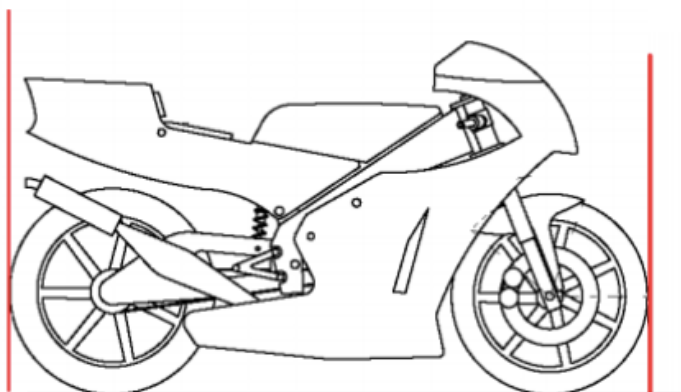


Ilustración 7 Límites de longitud de elementos del prototipo. Recuperado de [1]

Asimismo, la distancia de los neumáticos a cualquier elemento de la motocicleta diferente de la rueda no podrá ser inferior a 15 mm.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Por último, en lo que a geometría se refiere, el ángulo de giro de la dirección deberá ser como mínimo de 15° medidos a cada lado del eje longitudinal. También se debe considerar en el diseño del guardabarros delantero, que este, no podrá cubrir más de 135° de la circunferencia del neumático, medido desde la parte posterior del neumático con origen del ángulo en la horizontal del eje de la rueda.

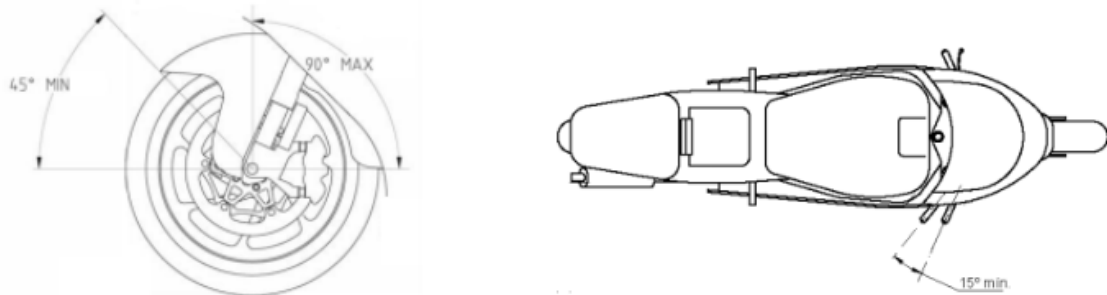
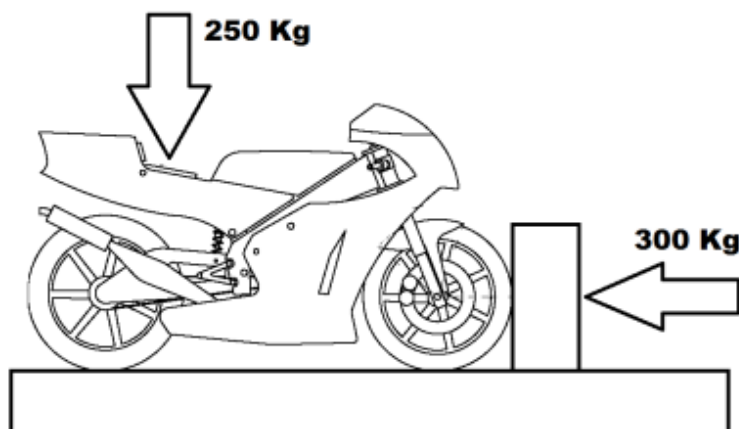


Ilustración 8 Ángulos limitantes a la hora de realizar el diseño. Recuperado de [1]

3.2.2. PRUEBA DE CARGA

Según el reglamento, el prototipo deberá superar para su participación en la competición una prueba de carga, que transcurrirá de la siguiente manera. La prueba consistirá en ejercer presión en los puntos que indica la ilustración 9. Las cargas se aplicarán de forma alternativa y progresiva, verificando que en situación de compresión no se producen fallos ni roturas de piezas. Para que el prototipo se considere apto en esta prueba, los jueces deberán determinar que no ha sufrido ningún percance.



Esquema de aplicación de cargas

Ilustración 9 Esquema de aplicación de cargas. Recuperado de [2]

3.2.3. PESO

El peso mínimo total del prototipo sin piloto será de 95 kg, incluyendo todos los depósitos (líquido de frenos...) llenos.

En cualquier momento de la competición la organización podrá comprobar este peso y deberá estar por encima del señalado.

En caso de no llegar a este peso, se deberá colocar lastre, que deberá ir correctamente sujeto al chasis, de forma que no pueda desprenderse en ningún momento durante el transcurso de las pruebas.

3.2.4. SUSPENSIONES

Están prohibidos aquellos sistemas de suspensión activos o semi activos con controles electrónicos para cualquier parámetro de la suspensión, incluyendo aquellos que controlen la regulación de altura.

Los reglajes de la suspensión sólo pueden ser realizados de manera manual y mediante ajuste mecánicos o hidráulicos.

Se permiten sistemas de suspensión delantera de cualquier tipo, horquilla convencional, horquilla invertida, telever, duolever, basculante delantero, etc. El conjunto de suspensión delantera podrá disponer de cualquier sistema de ajuste, siempre y cuando, este sea mecánico o hidráulico.

Respecto a la suspensión trasera, se permiten sistemas de cualquier tipo, tanto comerciales como de fabricación propia.

El conjunto de suspensión trasera podrá disponer de sistemas de ajuste mecánico o hidráulicos, tales como regulación de precarga de muelle, regulación de presión, extensión, rebote...

4. LA SUSPENSIÓN TRASERA EN MOTOCICLETAS

4.1. HISTORIA DEL ARTE

En los comienzos las motocicletas partían de las bicicletas por lo que carecían de suspensión trasera. Cuando se introdujo el motor Otto (más compacto y mejores prestaciones) las motocicletas sufrieron un gran cambio estructural ya que les permitía a los fabricantes modificar y estilizar sus diseños. Poco a poco se fueron realizando diseños más optimizados de la estructura.

Rápidamente se impuso sobre todos los métodos el brazo el basculante.

Por lo general, el diseño del basculante estaba formado por un tubo transversal que actuaba como eje, es decir, donde estaban alojados los rodamientos, y dos tubos transversales donde se anclaba la rueda y la suspensión trasera.

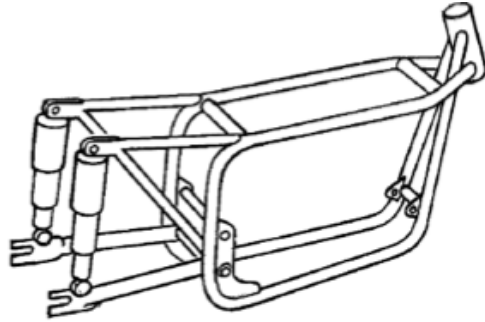


Ilustración 10 modelo de basculante y suspensión trasera inicial. Recuperado de [2]

Este diseño provocaba el fallo del basculante, ya que la fuerza ejercida generaba demasiada torsión, como solución, se utilizó un amortiguador en cada lado del mismo.

Posteriormente se planteó introducir un diseño que generase una triangulación en el basculante. A medida que desarrollaron esta idea, observaron que el comportamiento dinámico de la moto mejoraba, por lo que lo desarrollaron diseñando diferentes modelos, donde variaba la geometría y la posición de la suspensión.

Respecto al diseño de la suspensión (trasera), actualmente se ha incidido en un sistema de unión entre la suspensión y el basculante por medio de la triangulación a partir de bieletas. A raíz de la evolución de la suspensión se ha reducido el perfil de las ruedas, las cuales también se deben tener en cuenta a la hora de analizar la suspensión.

La finalidad de estos diseños es conseguir una constante progresiva en el muelle para tener mejores sensaciones cuando actúa el amortiguador. Para conseguir un accionamiento progresivo es necesario que el sistema de bieletas diseñado, provoque una inclinación de un ángulo considerable y así, genere un determinado movimiento lineal.

4.2. ELEMENTOS QUE AFECTAN A LA SUSPENSIÓN

4.2.1. MUELLE

Primeramente la suspensión trasera contaba solamente con resortes situados en el soporte del asiento para aislar los golpes de la rueda trasera con la calzada.

Posteriormente, una vez adaptado el basculante a la estructura de la moto, se introdujo la suspensión por muelle y amortiguador.

Los muelles de suspensión por lo general están fabricados por alambre de acero de sección circular y enrollados en forma helicoidal. En ocasiones especiales, el hilo puede ser cónico u ovalado y la forma de los extremos de los muelles puede presentar infinitas variaciones y formas. Además del material, una de las características más importantes de los muelles de una suspensión es su constante efectiva.

La **constante efectiva** de un muelle es la cantidad de fuerza requerida para comprimir (o extender, dependiendo el uso que se le de) el muelle una determinada longitud.

Esta constante mide a partir de la rigidez del resorte, la energía elástica que almacena de manera temporal en función de su elasticidad. Este valor se mide (utilizando medidas de S.I) en N/mm.

Dependiendo del valor de esta constante habrá que aplicar más o menos fuerza para comprimir lo mismo dos muelles diferentes. Es decir, si un muelle tiene una constante de 20 N/mm, necesitará una fuerza aplicada de 400 N para comprimirlo 20 mm, mientras que un muelle con una constante de 10 N/mm necesitará 200 N para conseguir la misma distancia de compresión.

La fuerza referida viene dada por la fórmula $F_k = k \cdot x(t)$ donde k es la constante efectiva del muelle y x la longitud. Cuando se aplica una fuerza tal, que hace que el muelle se comprima al máximo, este se convertirá en un sólido rígido.

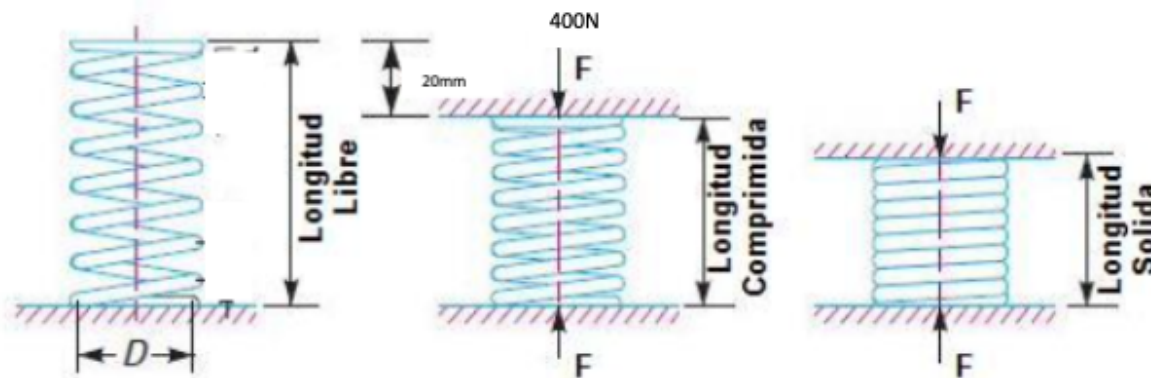


Ilustración 11 Compresión de un muelle hasta su estado sólido. Recuperado de [3]

Este tipo de muelles helicoidales pueden ser, uniformes con una constante lineal, variables, con una constante progresiva, o de doble dureza.

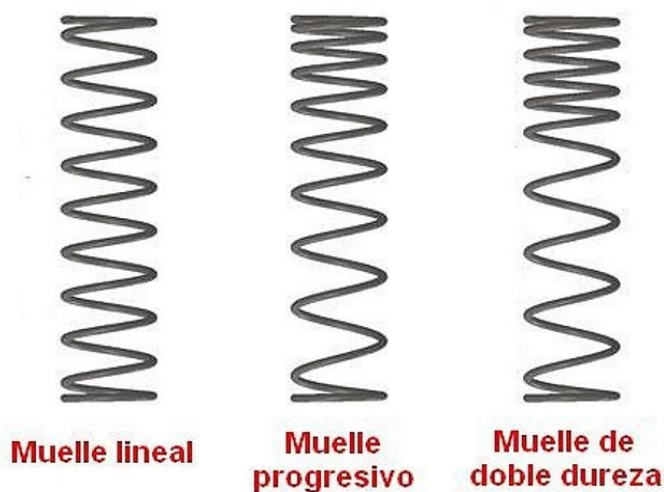


Ilustración 12 Diferentes tipos de muelles. Recuperado de [4]

Es necesario comprender que la constante de un muelle no es lo mismo que la carga que soporta. La carga, es la fuerza que soporta el amortiguador, mientras que la constante efectiva es la fuerza necesaria para comprimir el muelle.

Una suspensión, o sea, el muelle y el amortiguador ya acoplados, es sometida siempre a una pequeña compresión, es decir, aunque el muelle este completamente extendido, esta sufriendo ligeramente una fuerza de compresión. Esta fuerza se denomina precarga y se puede ajustar generando una mayor o menor compresión inicial sobre el muelle de la suspensión.

4.2.2. PRECARGA

La precarga es, como la propia palabra indica, la carga inicial a la que esta sometido el muelle de la suspensión, en otras palabras, es la diferencia entre la longitud libre del muelle y la longitud que adopta el mismo una vez colocado en el amortiguador.

La precarga se utiliza para la suspensión de todos los tipos de motocicletas, desde las scooters, hasta las motos de campo. La variación de la precarga influirá notablemente en el comportamiento y manejabilidad de la moto, por lo que es importante su ajuste teniendo en cuenta el uso que se le va a dar.

Una suspensión más dura en su inicio (mayor precarga) hará que la moto tenga menos tendencia a hundirse al acelerar por ejemplo, asimismo, tendrá también menor capacidad para absorber los baches de la calzada. Un muelle con menos precarga de inicio, provocará que la suspensión sea más blanda, y por lo tanto, absorba mejor los obstáculos.

Cuando se habla de las características de un muelle y de una suspensión, se debe especificar como se están tomando estas medidas. Con la moto sobre caballetes (libre), con la moto apoyada sobre el suelo (estático/reposo) o con el piloto montado sobre ella (con piloto).

Cuando la moto esta suspendida sobre caballetes, la suspensión esta completamente extendida. Si apoyamos la moto sobre el suelo, el propio peso generará un hundimiento de las suspensiones, tanto delantera, como trasera, además, si se sube el piloto, la compresión de las suspensiones aumentará

4.2.3. SAG

El hundimiento de la suspensión se denomina también SAG, que simplemente es el término anglosajón. El SAG son los milímetros de variación que sufre un muelle durante la compresión en estático generada por el piloto y la moto. Sin embargo, también se puede considerar el SAG sin piloto, es decir, los milímetros de hundimiento que sufre la moto por su propio peso.

Por lo tanto, dependiendo en que condiciones se tomen las medidas, el SAG será diferente y habrá que especificarlo, como se ha dicho anteriormente; libre, estático, o con piloto.

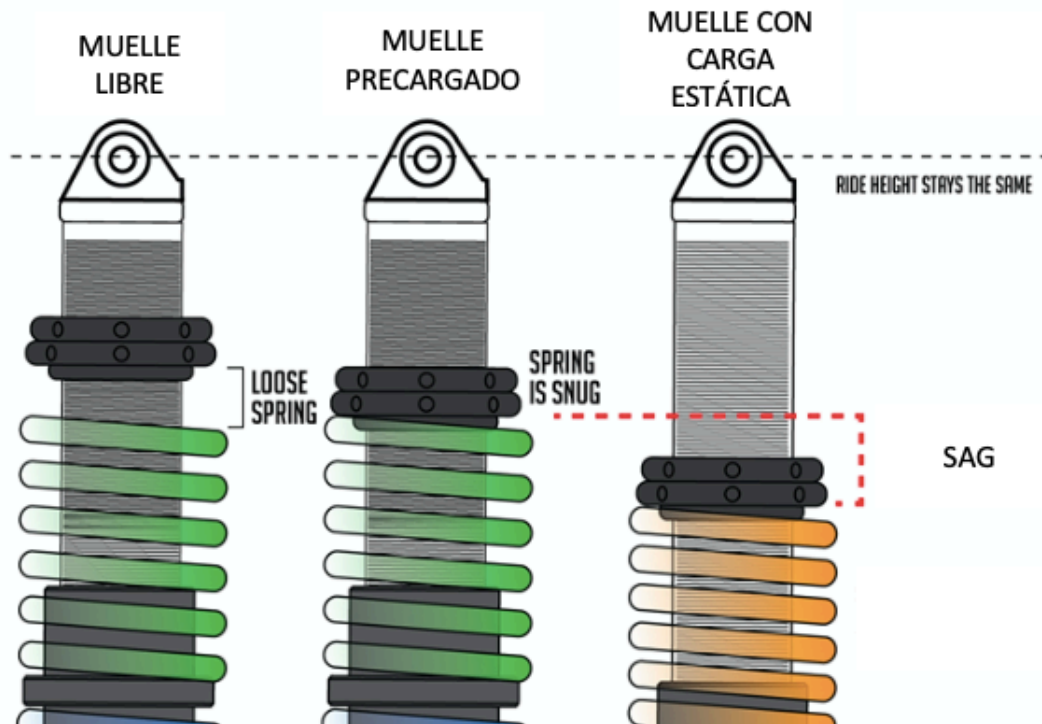


Ilustración 13 Comportamiento del muelle frente a la carga estática. SAG. Recuperado de [5]

4.2.4. CONSTANTE DEL AMORTIGUADOR

Hasta ahora, se ha considerado el muelle y el amortiguador como elementos aislados de la moto, pero lo más importante es el funcionamiento de estos con el conjunto de la motocicleta ya que la geometría de esta limitará su recorrido. Como se ha dicho anteriormente, el basculante es una pieza clave para el correcto funcionamiento de la suspensión.

La mayor importancia, es el comportamiento de la rueda frente a la compresión y la extensión de la suspensión. Para entender el efecto del muelle sobre la rueda debemos estudiar los movimientos o desplazamientos relativos tanto de la rueda como del muelle.

De la misma manera que podemos caracterizar un muelle por su constante, es útil asignar una constante o un índice equivalente al movimiento de la rueda. La constante de la rueda se define de forma similar a la del muelle, es el cambio de fuerza vertical en la rueda necesario para producir un cambio unitario en su movimiento vertical.

Se relaciona con la constante del muelle mediante el parámetro relación de velocidad. También se conoce como relación de movimiento, palanca y ventaja mecánica, pero utilizaremos el término relación de velocidad, a veces abreviado como VR.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

En pocas palabras, se trata de la velocidad vertical de la rueda comparada con la velocidad de la compresión del muelle. Algunas referencias utilizan la inversa de esta definición, es decir, la velocidad de compresión del muelle comparada con la velocidad vertical de la rueda.

Estas dos constantes están relacionadas entre sí, y dependiendo la distancia a la que este la unión del amortiguador con el basculante, y el eje de la rueda, la constante VR irá variando.

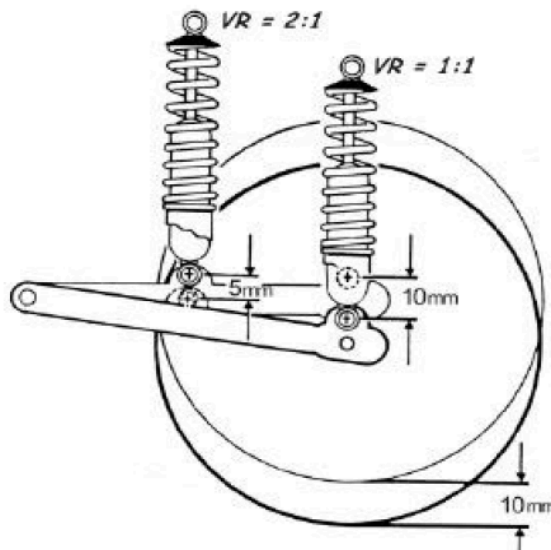


Ilustración 14 Ejemplificación del cálculo de VR. Recuperado de [2]

Por ejemplo, en la ilustración 14 se puede ver el significado de el VR.

En el caso de que el amortiguador se monte directamente sobre el eje de la rueda, se comprime lo mismo que el movimiento vertical de la rueda. Este tendrá una VR de 1:1. La rueda no tiene palanca sobre el amortiguador, por lo que la fuerza de la rueda es igual a la fuerza del muelle. Como la relación fuerza y movimiento de la rueda es idéntica a la del muelle, la constante de la rueda también es igual al índice del muelle.

Cuando el amortiguador está montado a mitad de camino a lo largo del basculante, sólo será comprimido por la mitad del movimiento vertical de la rueda. Esto genera una VR de 2:1. En este caso, el basculante actúa como una palanca y la fuerza que actúa sobre el muelle será el doble de la fuerza vertical en la rueda. Así, mientras que el movimiento del amortiguador es la mitad que el de la rueda, la fuerza del muelle se multiplica por dos. La constante es igual a la fuerza dividida por el movimiento, por lo que la constante del muelle será cuatro veces superior a la de la rueda.

En otras palabras, para hallar la constante en la rueda, se debe considerar que la constante del muelle será 4 veces la constante efectiva requerida por la rueda.

Dependiendo de la posición de la suspensión y de la configuración elegida, el VR se calculará de diferente manera, ya que, por ejemplo, la inclinación del muelle afecta sobre el comportamiento. Por otro lado, la configuración puede variar considerablemente y con ella, el comportamiento de la suspensión. Se puede plantear desde un sistema “rocker-link” hasta un sistema de anclaje directo al basculante con todas las variantes que tienen ambas.

4.3. CONFIGURACIONES DE SUSPENSIÓN

En primer lugar, se debe considerar el método de anclaje directo, es decir, montar el amortiguador fijándolo por un lado al chasis y por otro al basculante. Este es uno de los métodos mas antiguos que en un modelo de motocicleta actual es raro encontrarse, ya que el sistema de bieletas esta muy generalizado, sin embargo, existen variantes de este modo de suspensión que sí se utilizan en la actualidad

Para la mejora de su comportamiento se colocó el amortiguador en ángulo respecto a la vertical, esto hace que varíe su comportamiento, y también su VR.

La relación de velocidad (VR) de los amortiguadores en ángulo es la relación de la distancia entre el eje del amortiguador y el pivote(eje) del basculante (L_s), y la distancia horizontal entre el eje de la rueda y el pivote(eje) del basculante al chasis(L_w), como se muestra.

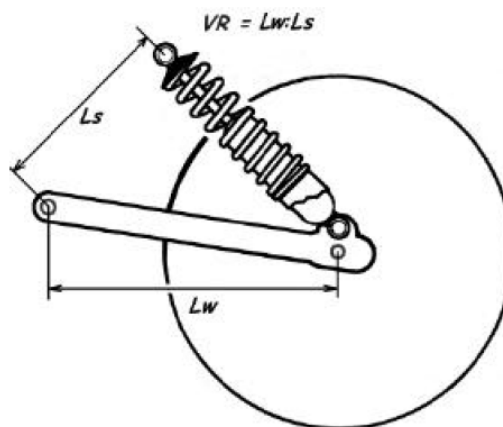


Ilustración 15 VR para amortiguadores en ángulo. Recuperado de [2]

Este tipo de sistema también pueden producir algunas características progresivas o regresivas en la suspensión.

Cuando la suspensión se comprime, la línea de fuerza de la suspensión actúa a una mayor distancia del eje del basculante (la VR disminuye) y por lo tanto tiene un mayor efecto en el movimiento de la rueda. La diferencia en las constantes efectivas de las ruedas obedecerá a una ley cuadrática, y olvidando las inexactitudes generadas en la medición, es de aproximadamente un 11%.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

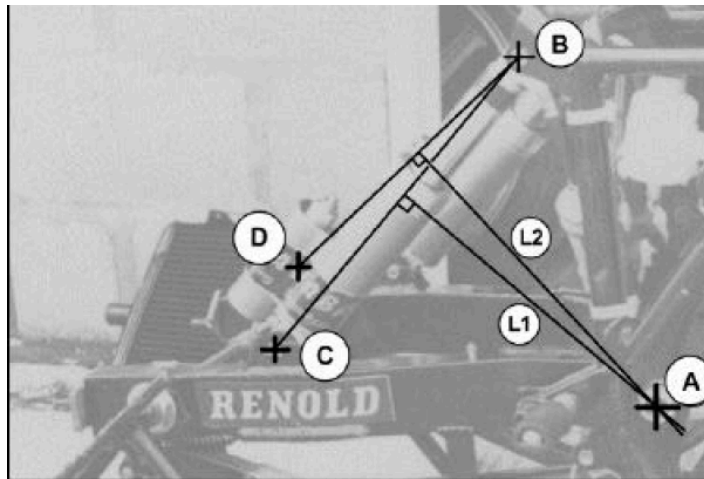


Ilustración 16 Puntos clave de una suspensión inclinada. Recuperado de [2]

Si las suspensiones están demasiado inclinadas o demasiado poco, la variación de la constante en el rango de movimiento de la suspensión puede hacerse realmente regresiva, es decir, la constante disminuye con el aumento de la compresión. El rango de inclinación que da lugar a una acción progresiva puede definirse fácilmente de la siguiente forma.

Se muestran tres posiciones de casos especiales para montar una unidad de suspensión de igual longitud. "A-D" muestra la unidad montada alineada lo más cerca posible del arco descrito por el movimiento del soporte inferior en su rango de movimiento "D" a "E".

Esta alineación reduce al mínimo posible cualquier cambio de velocidad geométrica. Con el amortiguador montado entre "B-D", cualquier movimiento de la suspensión reducirá la palanca y, por tanto, dará una característica regresiva.

Cuando el anclaje superior está entre "B" y "C" la acción será mixta, el movimiento inicial será progresivo cambiando a regresivo en un bache por ejemplo.

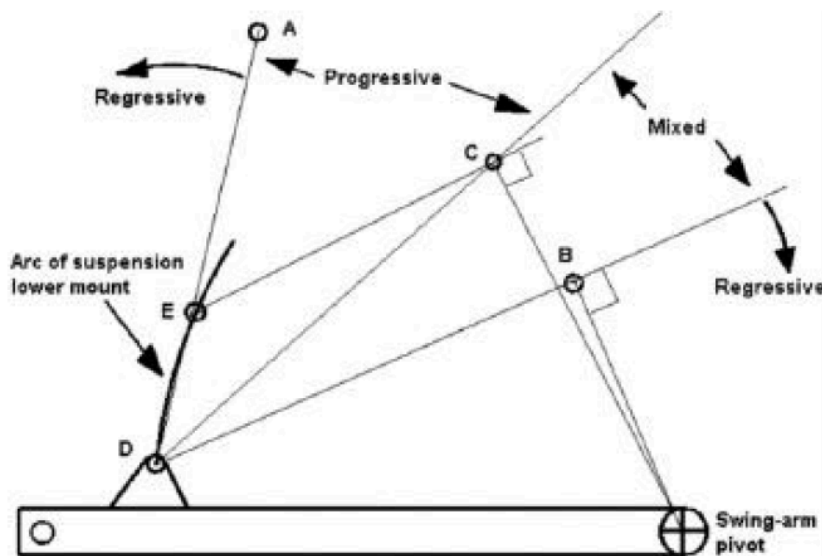


Ilustración 17 Comportamiento de un amortiguador dependiendo de su ángulo de inclinación. Recuperado de [2]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

“A”, “B” y “C” son puntos alternativos de puntos del anclaje superior de la suspensión.

“D” y “E” son el rango del movimiento del anclaje inferior.

Cuando la unidad se monta en “A” hay un cambio mínimo absoluto de cambio de palanca, por lo que el coeficiente efectivo del muelle se mantiene constante. Si el montaje superior está a la izquierda de “A”, el cambio de la tasa será regresivo, y a la derecha será progresivo.

“B” y “C” se definen como los puntos de anclaje superior tales que una línea que pasa por el pivote(eje) del basculante es normal al eje de la suspensión, “B” es para el caso extendido y “C” para la situación de compresión.

Cuando el soporte superior está por debajo de “B”, la acción es regresiva en todo el rango, pero si está entre “B” y “C” entonces la parte inicial del movimiento será progresivo, cambiando a regresivo a medida que la suspensión se comprime más.

4.4. SISTEMA DE BIELETAS Y TIRANTE

Al inicio de 1970, se comenzó a darle verdadera importancia a la mejora de los sistemas de suspensión, especialmente en las modalidades de motocross y de enduro, en los que se empezó a utilizar suspensiones con un mayor recorrido de lo habitual.

Las suspensiones en un principio eran de unos 100 mm de recorrido, hasta que en este tipo de categoría se adaptaron para soportar los esfuerzos, haciendo que la longitud de recorrido fuera de unos 305 mm.

Estos grandes movimientos eran difíciles de aguantar con la colocación tradicional de la suspensión, en posición vertical cerca del extremo del basculante, por lo que no es de extrañar que fuera en el sector de las motos de campo donde la atención se centró inicialmente en los diseños que aplicaban algún tipo de palanca a la unidad de suspensión para reducir su movimiento longitudinal.

Yamaha introdujo un sistema de mono-amortiguador con basculante triangulado y otros fabricantes le siguieron con una amplia variedad de sistemas de bieletas.

Además de poder utilizar amortiguadores individuales con un movimiento reducido, estos sistemas de bieletas permiten un enorme control geométrico sobre las propiedades de los muelles. Se pueden conseguir fácilmente comportamientos progresivos, regresivos y combinaciones de ambos.

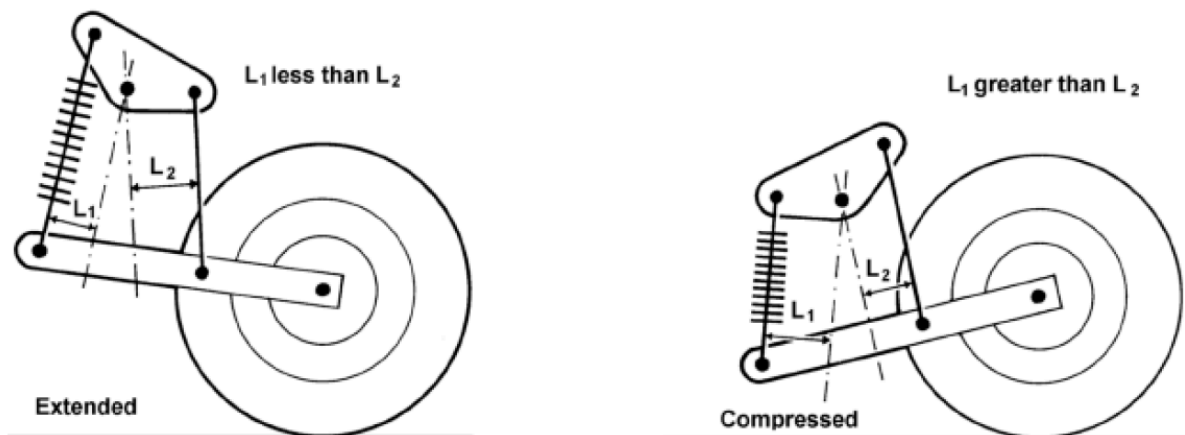


Ilustración 18 Geometría en extensión y compresión de un ejemplo de sistema de bieletas. Recuperado de [2]

Dado que la relación de la bieleta $L_1:L_2$ varía con el movimiento de la rueda, este sistema de suspensión trasera proporciona un comportamiento tanto del amortiguador, como del muelle de tipo progresivo.

La constante efectiva de la rueda varía como el cuadrado de la relación anterior. En la posición extendida, el lado conectado al basculante tiene mayor

ventaja mecánica, por lo que la amortiguación será más suave que en el caso comprimido.

Las relaciones de palanca pueden cambiar drásticamente cuando una bieleta corta gira a través de un ángulo relativamente grande, dando lugar a una constante fuertemente progresiva.

Hemos visto que para calcular la relación entre la constante de la rueda y la constante del muelle necesitamos medir o calcular la relación de velocidad (VR).

Esto parece menos obvio con algunos sistemas de bieletas y tirantes. En realidad, puede ser más sencillo de visualizar si consideramos el sistema como dos partes separadas, cada una con su propio VR.

El VR global es entonces simplemente el producto de los dos separados.

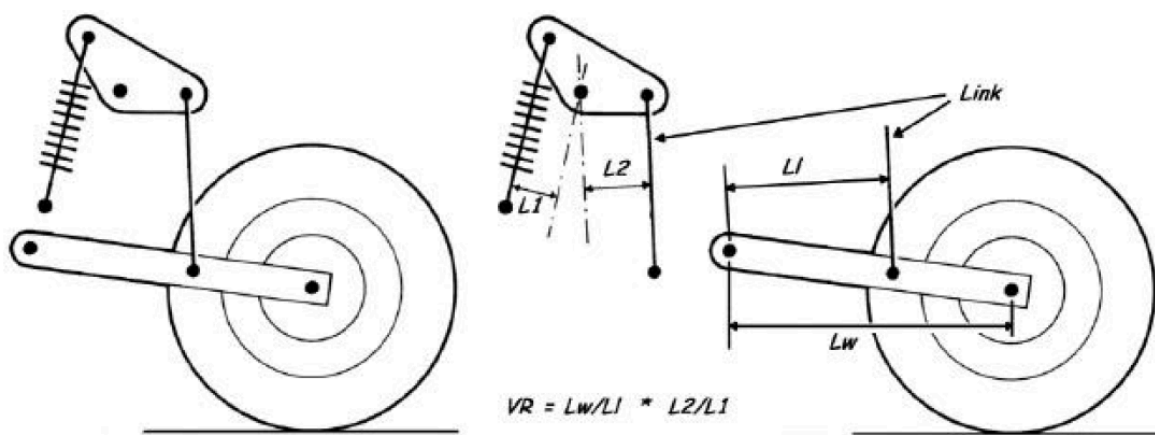


Ilustración 19 Cálculo del VR en un sistema de bieletas. Recuperado de [2]

En esta imagen se muestra cómo un diseño simple de bieletas y tirante puede descomponerse en el sistema bieleta-amortiguador-tirante y el sistema rueda-basculante. El VR del conjunto del sistema de bieletas separado es $L2:L1$ y del conjunto rueda-basculante separado es $Lw:L1$.

La relación de velocidad global es entonces $Lw/L1 * L2/L1$. Este valor variará normalmente a lo largo del rango de movimiento dando una característica no lineal.

Existen esquemas de suspensión con conexiones más complejas que pueden tratarse de forma similar separándolos en tantos sistemas simples como sea necesario.

Estos planteamientos fueron un regalo para los departamentos de marketing de los fabricantes, que debieron trabajar horas extras para idear innumerables nombres y acrónimos nuevos, sin embargo, reivindicaban ventajas de rendimiento triviales o inválidas para intentar contrarrestar las de sus rivales. Un gran número de estas afirmaciones no tienen ninguna base, por ello, han sido responsables de mucha confusión y desinformación.

Ninguno de estos sistemas tiene características que no puedan obtenerse con otros diseños, pero en muchos casos los fabricantes se ven obligados a utilizar

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

una característica de diseño ligeramente diferente para evitar problemas legales con una patente sobre alguna característica trivial propiedad de un competidor.

A menudo es el espacio disponible lo que dicta el diseño, y en algunos casos la mejor opción puede ser montar el amortiguador a lo largo del chasis, es decir, de forma perpendicular al basculante.

El Drysdale por ejemplo, tiene tirantes para comprimir el amortiguador desde cada extremo.

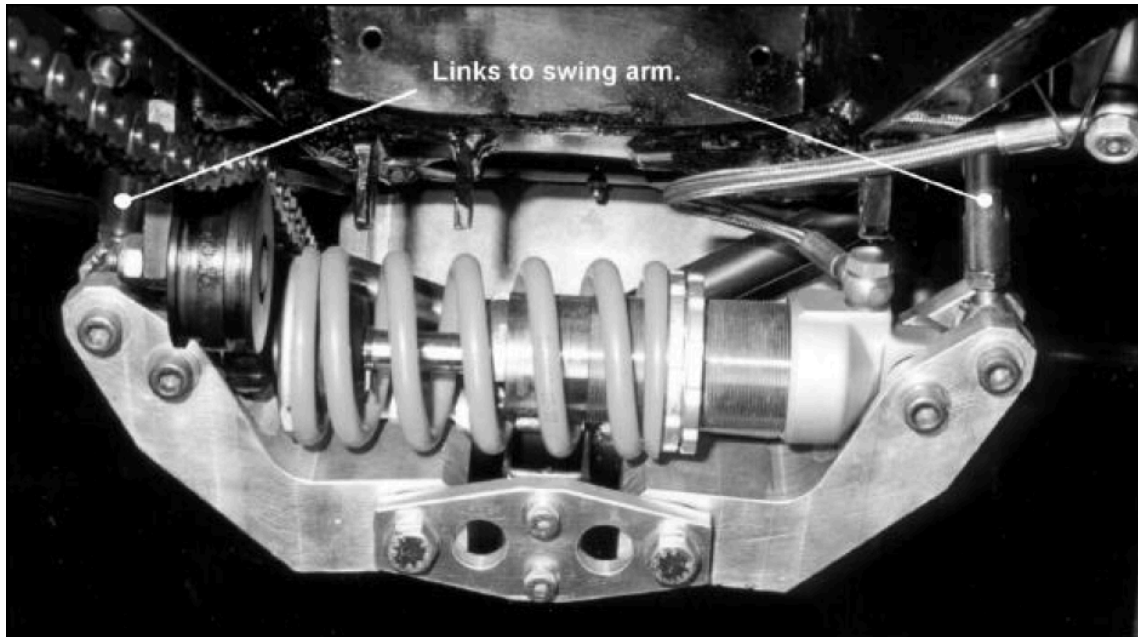


Ilustración 20 Sistema de suspensión Drysdale. Recuperado de [2]

Otra posible ventaja de comprimir un amortiguador desde cada extremo es la reducción de la masa no suspendida efectiva. Debido a la ley del cuadrática, cada extremo del muelle sólo aportará un octavo de la masa no suspendida, la suma de los dos extremos significa que la masa no suspendida efectiva del muelle será sólo una cuarta parte de la de un mismo muelle comprimido por igual, pero desde un extremo. La masa efectiva no suspendida del amortiguador es más difícil de determinar porque cada extremo no tiene la misma masa.

El ahorro de espacio en la zona de debajo del asiento, para dejar sitio al depósito de combustible, fue la motivación para realizar uno de los primeros diseños de un sistema de bieleta.

El tirante fue fabricado de tubos de acero como una pequeña estructura fuertemente triangulada, junto con los anclajes del basculante servía como una importante característica estructural para aumentar la rigidez torsional y rigidez lateral del basculante.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

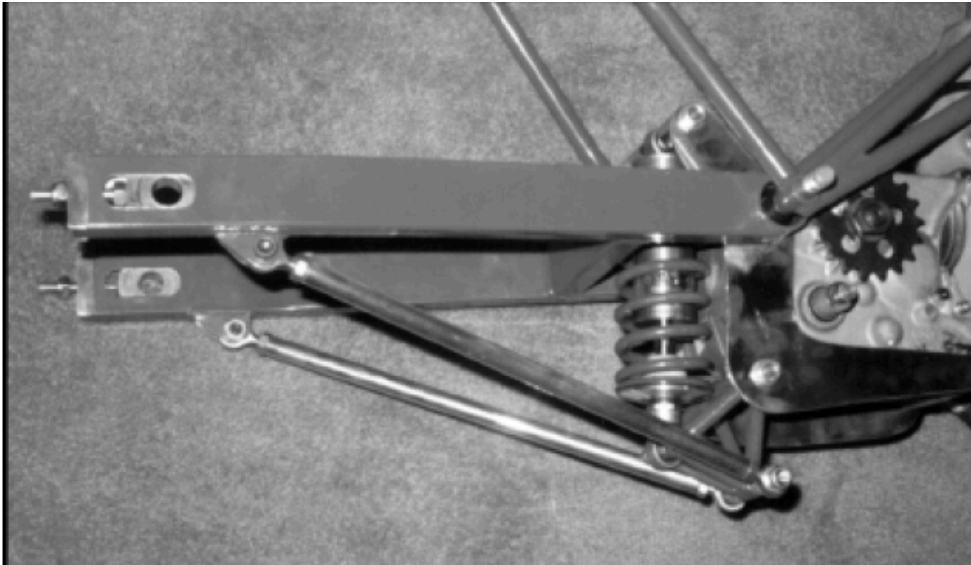


Ilustración 21 Modelo en los inicios de las suspensión con tirantes. Recuperado de [2]

A pesar de esta diferencia de diseños y de geometrías todas las suspensiones están basadas en unas características específicas sobre las que se debe fundamentar el diseño de la suspensión.

Al comparar un diseño con otro, las características en las que se deben tener en cuenta serán:

- El peso del sistema
- La masa no suspendida.
- La integridad estructural, es decir, si es lo suficientemente rígido y fuerte para soportar las fuerzas a las que se le somete.
- Las características del muelle y del amortiguador. Si la variación de la constante con la compresión de la suspensión es la adecuada.
- El ensamblaje. El espacio del que se dispone según el diseño del conjunto del chasis y basculante. Generalmente el amortiguador necesita refrigeración, y, aunque sea mínimamente, siempre estará mejor situado en una zona alejada de las partes que desprenden calor de la moto, como por ejemplo, el motor o las baterías.
- Aparte de estar alejado de las zonas de calor, suele ser habitual intentar situarlo lejos de los lugares donde puede llegarle suciedad y gravilla de la carretera, para evitar posibles enganchones o atrancamientos.
- El número de ejes y articulaciones. Cada uno de ellos generan fricciones y holguras, por lo que tendrán un mayor riesgo de desajuste. Por lo tanto, se suele intentar minimizar el número de articulaciones.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Como resultado de la importancia de estas características, en la década de 1980 se probaron la mayoría de las configuraciones que existen para este tipo de sistemas, pocos de los diseños actuales se diferencian de estos prototipos. Una de las excepciones es el Tul-aris diseñado por Robin Tului, en el cuál, se elimina un anclaje pivotante del diseño, reduciendo posibles juegos y rozamientos.

Las siguientes ilustraciones muestran diversas interpretaciones del diseño del sistema de bieletas en general.

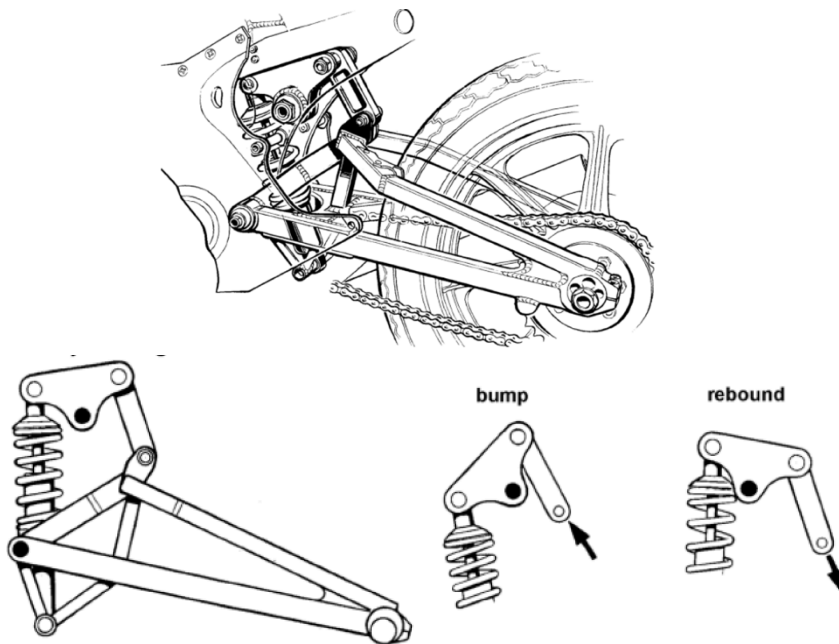


Ilustración 22 Sistema de bieletas, entre ellos el diseñado por kawasaki. Recuperado de [2]

Kawasaki fue uno de los primeros en utilizar un sistema de bieletas y tirante para las carreras de carretera. Aquí se muestra montado en la KR500 con chasis "monocasco".

El soporte de la suspensión inferior está fijado a la parte inferior del basculante, aunque el movimiento principalmente horizontal tiene algún efecto sobre las propiedades de la constante, su principal ventaja es que elimina la necesidad de una estructura adicional del bastidor para soportar el amortiguador.

El sistema de la ilustración inferior, también es un sistema de Kawasaki, concretamente el Uni-track, de 1985. El tirante tira de la bieleta, y esta conectado al basculante en un radio muy pequeño. El amortiguador está conectado a un radio mayor y por lo tanto se mueve hacia arriba a una mayor velocidad.

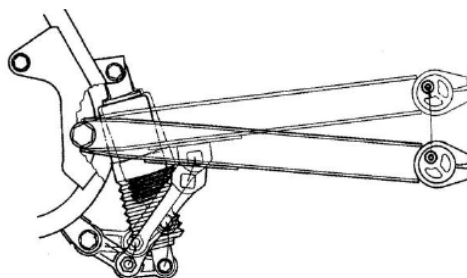


Ilustración 23 Sistema Uni track, Kawasaki. Recuperado de [2]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

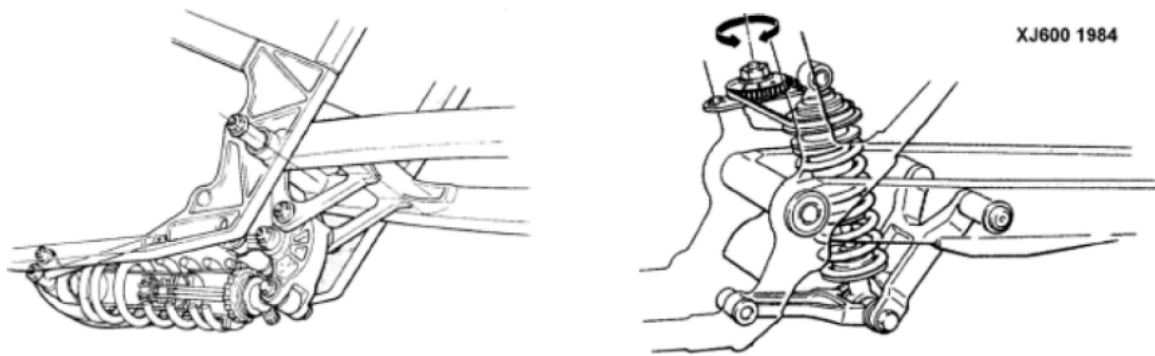


Ilustración 24 Modelos de 1980 de suspensión de Yamaha. Recuperado de [2]

A la izquierda un modelo de Yamaha de 1984, es interesante porque el basculante se conecta directamente a la bieleta sin un enlace intermedio, esto significa que la bieleta debe estar conectado al chasis principal por medio de un tirante corto. Cuando el basculante se mueve hacia arriba, el extremo inferior de la bieleta se desplaza hacia delante comprimiendo la unidad.

A la derecha otro modelo de Yamaha que, aunque se fabricó en el mismo año que el ejemplo de la izquierda, este diseño tiene un montaje vertical más habitual para la suspensión.

Utilizado en varios modelos diferentes, este diseño no tiene bieleta en el sentido normal, básicamente utiliza doblemente una especie de tirante para definir la trayectoria de movimiento de la del amortiguador.

Como se ha comentado anteriormente, uno de los diseños que se sale de las configuraciones habituales, es el del Dr. Tuli.

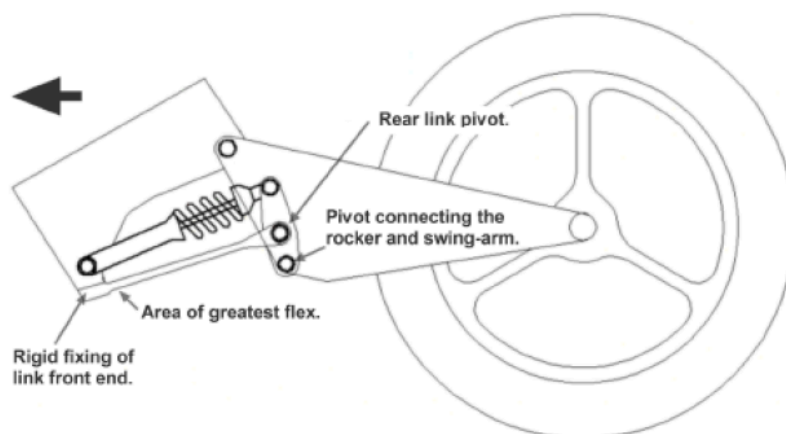


Ilustración 25 Diseño de suspensión del Dr. Tuli. Recuperado de [2]

El extremo trasero del tirante se mueve verticalmente menos de 2 mm. a lo largo de todo el recorrido de la suspensión, si el tirante es suficientemente largo este movimiento puede ser proporcionado por la flexión a lo largo de su longitud. Por lo tanto, el extremo delantero no necesita tener una junta giratoria y puede atornillarse directamente y de forma rígida al chasis.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Sólo en los últimos años los coches de F1 han empezado a utilizar tirantes flexibles unidimensionales en sus sistemas de suspensión de movimiento, en otras palabras, el tirante puede flexionarse tanto en dirección horizontal como vertical, lo que permite compensar cualquier desalineación causada por la flexión del basculante y/o del chasis.

La flexión puede provocar fallos por fatiga del metal, por lo que el diseño de la articulación es de suma importancia, ya que un fallo podría tener graves consecuencias.

Sólo con el uso de los métodos modernos de prueba y análisis por ordenador se pueden diseñar estos componentes con seguridad de que aguantará.

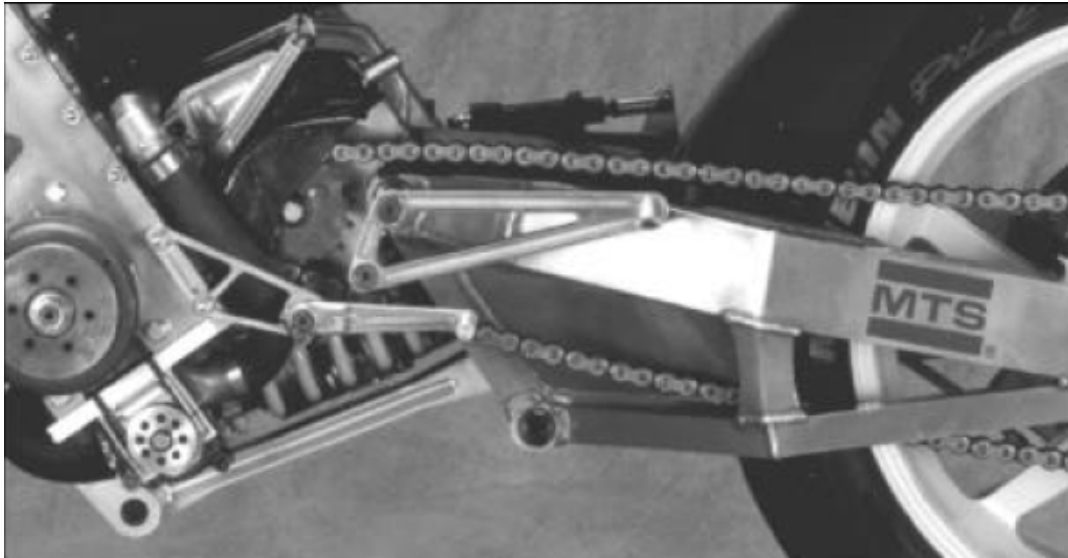


Ilustración 26 Modelo de suspensión diseñado por Tuli. Recuperado de [2]

Sin embargo, a pesar de ser un diseño revolucionario, el modelo de suspensión más utilizado actualmente en una moto GP, es decir, el mayor exponente en el mundo del motociclismo, es un sistema de bieletas y tirante.

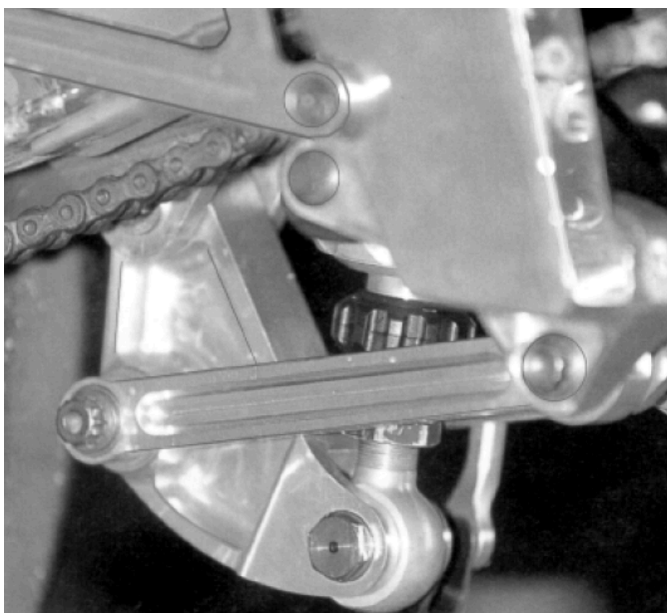


Ilustración 27 Sistema de la suspensión de una Moto Gp actual. Recuperado de [2]

4.5. EFECTO DE LA CADENA Y SQUAT

En el diseño de la suspensión trasera, además de la geometría, se debe considerar la fuerza que ejerce la cadena sobre el basculante y la suspensión trasera.

La fuerza generada por la tensión de la cadena es cuatro veces superior a la fuerza que hace el neumático sobre la carretera. Por lo que, el basculante y la suspensión soportan también la suma de ambas fuerzas.

Cualquier flexión longitudinal que se produzca en el basculante debido a estas dos fuerzas, podrá generar un grave problema con el paso de la cadena.

Sumado a todo esto, se debe considerar la holgura que se le debe dejar a la cadena para que trabaje de forma correcta.

Esta varía a lo largo del recorrido de la suspensión, y es de gran importancia tenerlo en cuenta, ya que una compresión notoria, puede tensar demasiado la cadena hasta el punto de romperla, o romper la corona o el piñón.

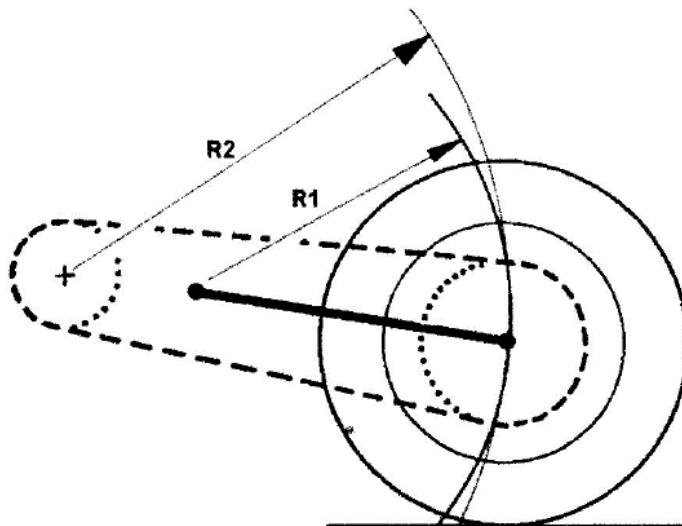


Ilustración 28 Radio de movimiento de la rueda y del basculante. Recuperado de [2]

Según se puede observar en la figura anterior, el recorrido de la rueda sigue un radio más pequeño ($R1$) que el necesario para que la holgura de la cadena se mantenga constante ($R2$).

Para conseguir reducir esta diferencia al máximo, y por lo tanto, reducir la holgura de la cadena, se debe diseñar el eje del piñón a la menor distancia posible del eje del basculante y, en una posición en la que la línea virtual que une el eje de la rueda trasera y el eje del basculante, pase por el centro del piñón, o lo más cerca posible.

Por otro lado, es necesario considerar el anti o pro squat generado por el efecto de la cadena como se ha comentado.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

En una moto, la cadena genera tanto fuerza horizontal como fuerza vertical. En el momento de la aceleración, la fuerza de la cadena hace que la rueda intente separarse de la moto, es decir, descomprime la suspensión, mientras que la fuerza generada en el basculante, provoca lo contrario, por lo que se debe tratar de ajustar estas fuerzas generadas sobre el basculante a través de diferentes factores.

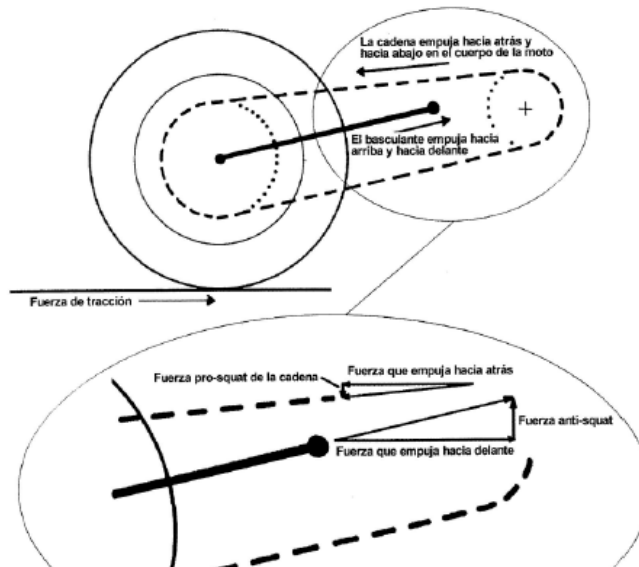


Ilustración 29 Dirección de las fuerzas generadas por la cadena y el basculante. Recuperado de [2]

Como se puede observar en la explicación gráfica, ambas fuerzas son opuestas, por ello, un buen diseño de basculante y de transmisión, hará que se compensen en gran parte.

Cuando la suspensión se comprime por encima de la línea imaginaria de la posición horizontal, el extremo del basculante y de la cadena apuntan hacia el suelo. En esta situación, la cadena generará un efecto anti-squat, mientras que la fuerza del basculante actuará produciendo pro squat.

Para determinar cuál de las dos vence a la otra, construiremos una línea de fuerza de la siguiente forma.

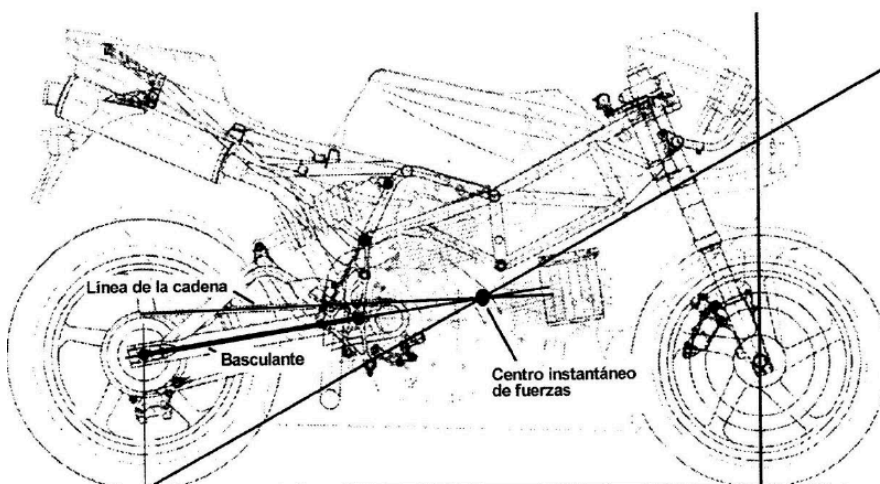


Ilustración 30 Cálculo del centro de fuerzas instantáneo. Recuperado de [2]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

La línea en diagonal que pasa por el centro de gravedad marcará el anti o pro squat. Si la línea esta por debajo del centro de gravedad, compensará el pro squat generado por la transferencia de cargas al acelerar, sin embargo, si esta por encima, incrementará el pro squat generado por lo que la moto será más difícil de conducir.

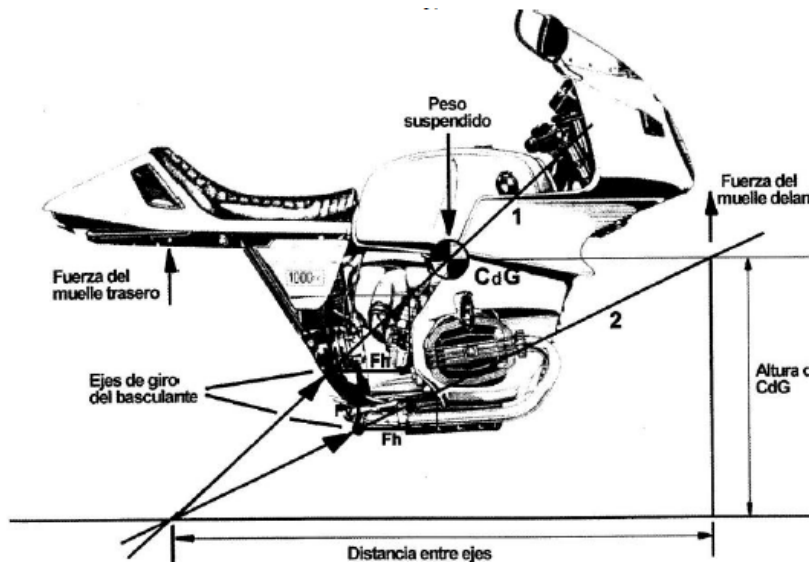


Ilustración 31 Fuerzas generadas en la motocicleta. Recuperado de [2]

En este caso, se observa lo comentado anteriormente, la línea de fuerza esta por debajo del centro de gravedad, de esta forma, equilibrará de forma exacta la tendencia del pro squat en la aceleración.

Si la línea tuviera la mitad de inclinación, produciría la mitad de fuerza hacia arriba en el tren trasero.

En la siguiente imagen, se ejemplifican diferentes casos dependiendo de la inclinación de la línea de fuerzas.

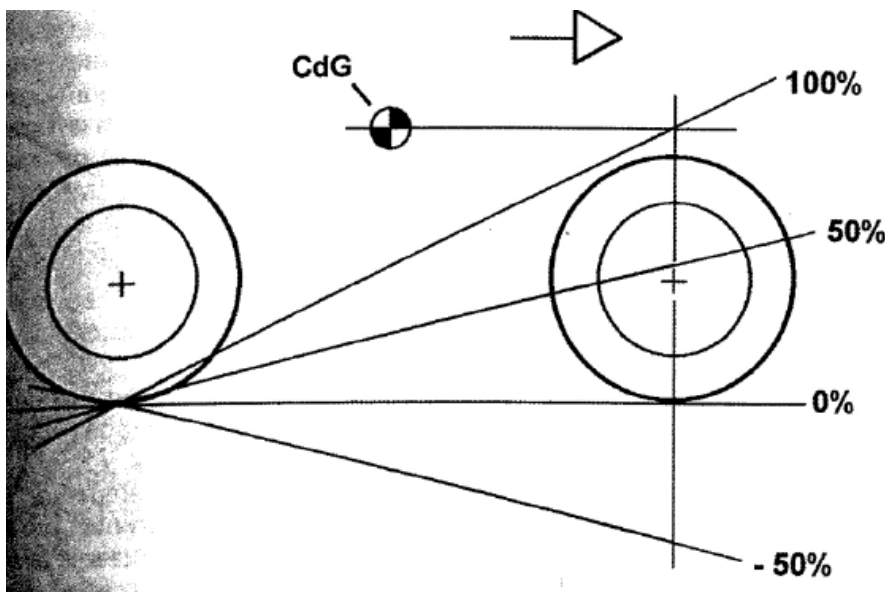


Ilustración 32 Diferentes casos de squat, según el porcentaje de inclinación. Recuperado de [2]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Los porcentajes hacen referencia al nivel de anti-squat generado por la geometría de cada uno de los casos.
Con un porcentaje negativo las fuerzas de la cadena y el basculante se suman a la compresión en vez de oponerse a ella.

Si tenemos una geometría en la que el extremo de la cadena difiera de forma considerable con el extremo del basculante, afectará de forma notoria en el comportamiento. En el siguiente caso, se expone la misma geometría en diferentes momentos, el primero con la suspensión extendida, y el segundo con la suspensión comprimida.

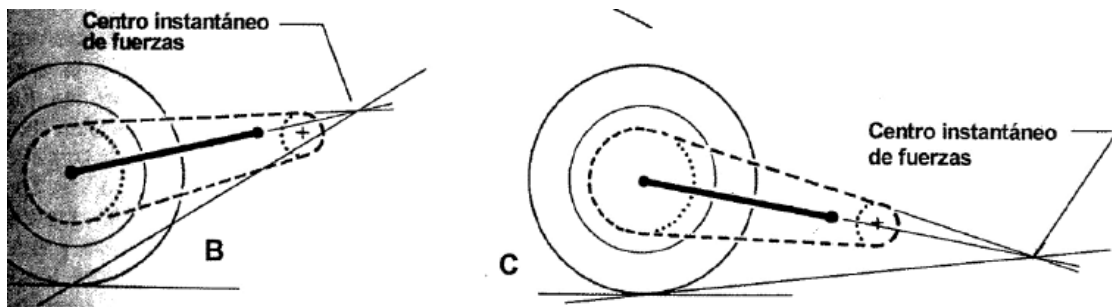


Ilustración 33 Variación del centro de fuerzas instantáneo. Recuperado de [2]

En el caso de la izquierda, se muestra la suspensión en un extremo, en ese punto concretamente, la suspensión está extendida. El grado de anti-squat es elevado, pero si la suspensión se comprime, el anti-squat se reducirá, como se refleja en la parte derecha de la figura. De esta forma, la suspensión parecerá que es más blanda.

Si cuando estamos acelerando pasamos por un bache, la rueda sube, esto conlleva una reducción del anti-squat y una mayor compresión de la suspensión, sin embargo, el pro-squat, aumentará. Esto quiere decir que un bache en plena aceleración puede producir un desplazamiento mayor de la rueda hacia arriba, en comparación a pasar ese bache sin acelerar. Cuanto mayor sea la potencia aplicada, menos será la dureza de la suspensión.

Esta característica no beneficia a los pilotos a la hora de manejar una moto con una potencia muy elevada, como es el caso de las motos deportivas.

Si superponemos las dos situaciones en una misma ilustración y determinamos los porcentajes de anti-squat de cada uno, tendríamos que considerar que la base para determinar el 100% de cada uno no es la misma debido a las diferentes alturas del centro de gravedad en cada momento.

Para el caso que hemos planteado anteriormente, observamos que alcanza un nivel de anti-squat de 133%. Cualquier valor que esté por encima del 100, significa que las fuerzas y los momentos extienden la suspensión, por lo que esta haría tope.

En el mismo caso pero con la suspensión comprimida, el anti-squat que presenta tiene un valor del 30%, lo que quiere decir que el 70% de la carga que soporta la rueda posterior estará comprimiendo la suspensión.

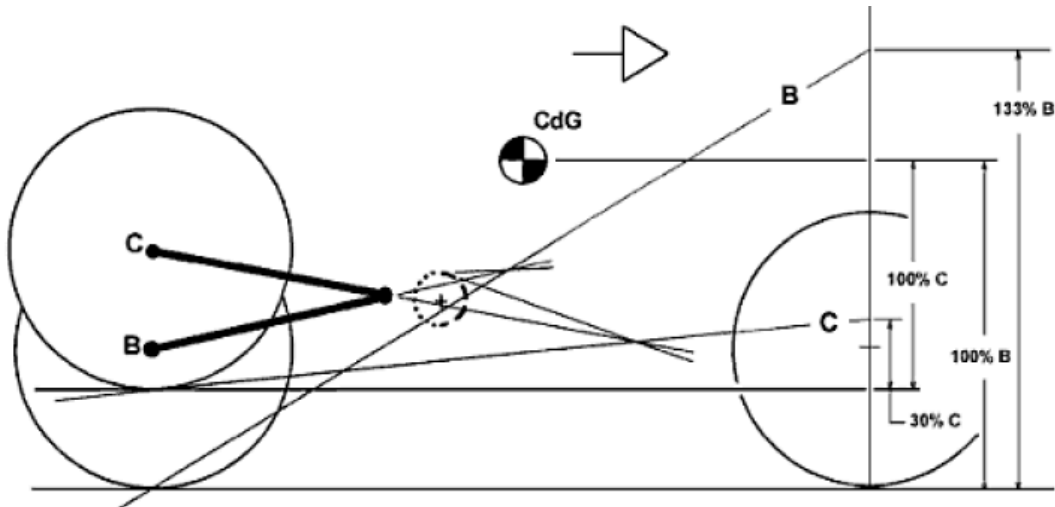


Ilustración 34 Variación del anti-squat según la compresión de la suspensión. Recuperado de [2]

En esta comparativa se representa tanto la máxima compresión como la extensión. La suspensión normalmente trabajará entre ambos puntos, por lo que la aplicación de la potencia tendrá un efecto menor.

Aunque no este representado, el anti-squat, tiene un valor del 100% en las posiciones intermedias, es decir, las posiciones de trabajo reales.

Por otro lado, es necesario considerar también, el hecho de que al reducir marchas, la parte inferior de la cadena se encuentra en tensión y por lo tanto, los centros de fuerzas instantáneos se deben calcular utilizando ese lado de la cadena.

Una de las razones por las que los chasis se construyen con la posibilidad de ajustar el eje del basculante es esta, ya que se pueden variar estas características dependiendo de la altura del eje del basculante en el chasis, se denomina off set.

Además, el tamaño del piñón también afecta en el comportamiento del anti-squat, debido al cambio que genera en la posición de los centros de fuerzas instantáneos.

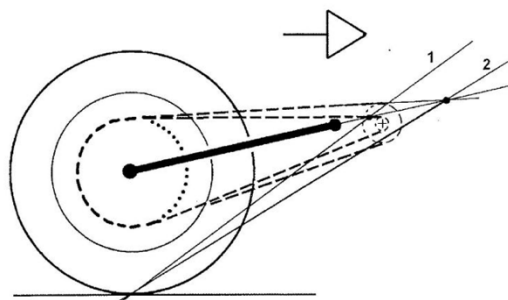


Ilustración 35 Centros de fuerzas instantáneos según la posición del piñón. Recuperado de [2]

Fuerzas que actúan en el anti-squat y hundimiento de la suspensión.

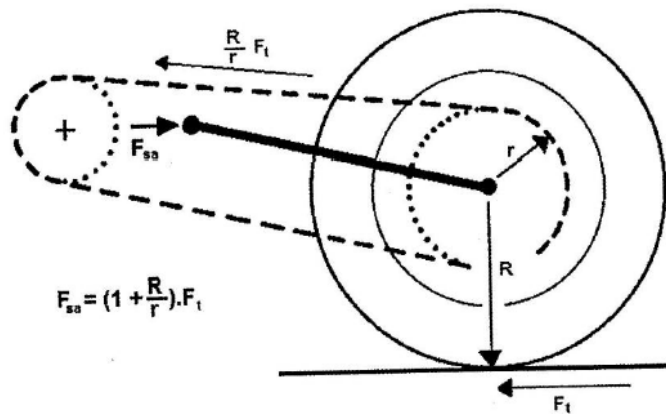


Ilustración 36 Fuerzas generadas por el anti-squat. Recuperado de [2]

Tanto la fuerza del neumático como la fuerza de la cadena actúan sobre el basculante y su punto de giro. En una primera aproximación, Fsa (fuerza del basculante) es igual a la expresión de la figura, dónde:

r = radio medio corona trasera

R = radio de la rueda trasera

Ft = fuerza de tracción del neumático.

Estamos ignorando el ángulo del basculante y la cadena, pero aún así, se tiene una buena indicación media a lo largo del recorrido de la suspensión.

4.6. HOLESHOT

Actualmente, se está trabajando en el dispositivo holeshot, la marca italiana Ducati, es la creadora de este curioso sistema.

La palabra 'holeshot' viene del mundo del motocross y sirve para definir al piloto que pasa primero por la primera curva. Una descripción bastante fidedigna de la utilización que se le dio originalmente al dispositivo en MotoGP.

Este sistema vanguardista se activa a través de una llave o palomilla situada en la tija. Con él, consiguen comprimir la suspensión y bloquearla. De este modo, cuando el piloto acelere en la salida, la transferencia de masa sobre la parte posterior de la moto no modificará la geometría de la moto. Asimismo, reduce el anti y pro squat que se genera durante la aceleración.

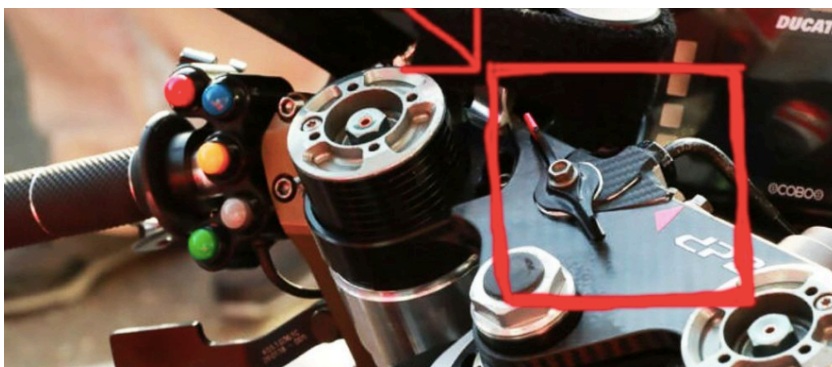


Ilustración 37 Palanca de accionamiento del Holeshot en la Ducati moto GP. Recuperado de [6]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Este sistema tiene una ventaja secundaria, puesto que deja comprimido el amortiguador trasero, de tal forma que el centro de gravedad baja. Así, la moto es más baja y algo más larga, luego es más estable durante la aceleración.

Sin embargo, no se puede correr una carrera completa con el tren trasero comprimido, ya que para frenadas o trazar las curvas es totalmente inadecuado. Por ello, en la primera frenada violenta se descomprime utilizando la energía de la misma.



Ilustración 38 Diferencia de altura del tren trasero al activar el sistema Holeshot. Recuperado de [7]

4.7. SISTEMAS DE SUSPENSIÓN A ELEGIR

Como se ha explicado anteriormente, existen diferentes alternativas a la hora de diseñar la suspensión de una motocicleta.

Hay tres clases principales de suspensión trasera en uso hoy en día.

- Conexión directa del amortiguador al basculante.
- Sistema básico de bieleta y tirante. La bieleta gira en torno a un eje fijado en el chasis de la moto y el tirante es accionado por un eje conectado al basculante.
- Sistema alternativo de bieleta y tirante. La bieleta se fija directamente al basculante y mediante un anclaje se conecta al chasis.

Los dos últimos tipos también pueden tener un extremo del amortiguador fijado al basculante, normalmente cerca del eje donde tiene un efecto mínimo en las características. Esto se hace a menudo para ayudar con los problemas de espacio y también para evitar la necesidad de una estructura adicional del bastidor para montar el extremo "fijo" del amortiguador.

Además de estos tres tipos principales, existen otros, como el "paralever" de BMW, y sistemas que utilizan un par de basculantes. Estos sistemas se utilizan generalmente para proporcionar un control adicional sobre las características de motos de baja potencia, y no serán considerados aquí.

A continuación se mostrarán las características de las diferentes opciones entre las que se escogerá la más beneficiosa para nuestro prototipo.

4.7.1. SUSPENSIÓN DIRECTA AL BASCULANTE

La primera de las opciones que se debe valorar, es conectar la suspensión directamente al chasis, de esta forma no sería necesario diseñar las bieletas y tirantes.

Esta tipo abarca el diseño tradicional de doble amortiguador con los amortiguadores colocados cerca del extremo del eje de basculante, así como los sistemas con amortiguadores angulados y los mono-amortiguadores en voladizo.

Cada uno de estos diseños (de suspensión directa, ilustración 38) tiene los parámetros del amortiguador ajustados para dar el mismo recorrido, la misma capacidad de energía final y la misma cantidad de hundimiento estático.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

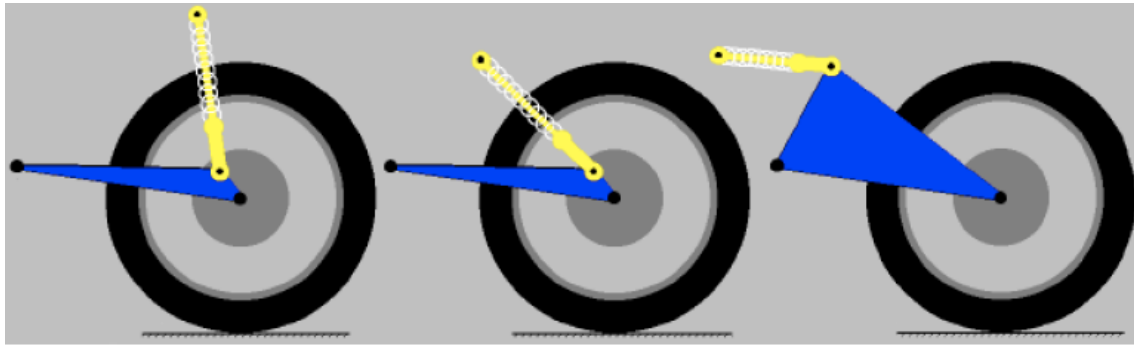


Ilustración 39 Diferentes diseños de suspensión directa. Recuperado de [2]

Tres diseños comunes de suspensión con el amortiguador conectado directamente al basculante.

A la izquierda, diseño tradicional de doble amortiguador.

En el centro diseño con los amortiguadores en ángulo, también gemelos.

A la derecha. Los denominados "cantilever", pueden ser monoamortiguadores como en algunas Yamahas antiguas o con dos muelles.

En las siguientes gráficas se compararán las propiedades de velocidad y fuerza de cada uno de los sistemas planteados.

A veces, plantear gráficas de fuerza frente al desplazamiento del amortiguador te proporciona mayor información, que calcular la constante efectiva tanto de la rueda como del amortiguador.

A pesar de la diferencia de configuraciones, la respuesta de estas es bastante similar, a continuación se analizarán las gráficas de constante efectiva de la rueda vs desplazamiento vertical y fuerza vertical sobre la rueda vs desplazamiento vertical de la rueda.



Gráfico 1 Fuerza vertical de la rueda frente al desplazamiento de la misma. Recuperado de [2]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Aunque los 3 modelos tienen una diferencia más que notoria en lo que a la geometría se refiere, se observa en la gráfica que la diferencia es relativamente pequeña, solamente al final, cuando el desplazamiento vertical de la rueda es casi máximo, se observa una variación de alrededor del 4-5% en la fuerza.

Sin embargo, en la gráfica de constante efectiva vs desplazamiento, se acentúan las diferencias entre ellas durante la compresión del amortiguador.

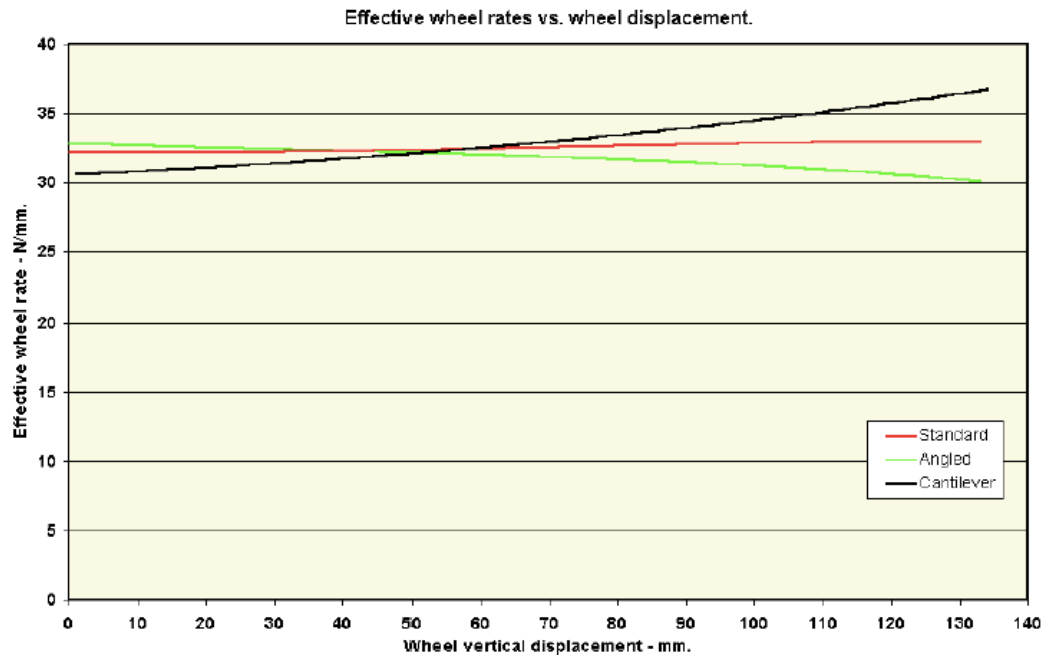


Grafico 2 Constante efectiva de la rueda frente a su desplazamiento. Recuperado de [2]

La recta que marca el modelo estándar (tradicional), se muestra casi lineal, sólo un ligero efecto progresivo de alrededor del 3% le hace aumentar a la constante durante el rango de desplazamiento de la rueda.

La línea trazada que marca el funcionamiento de los amortiguadores en ángulo, muestra un efecto regresivo del 8,5% desde el rebote hasta que hace tope.

Por último, el sistema en voladizo ofrece una variación mayor, con una acción progresiva del 20%.

El punto principal que se desprende de estos ejemplos del amortiguador montado directamente es que, dentro del alcance de la mayoría de los trazados prácticos, es difícil conseguir más que una pequeña variación en la constante a lo largo del recorrido.

4.7.2. SISTEMA DE BIELETAS Y TIRANTES (Rocker Link)

A continuación, se expondrán las diferentes formas que puede adoptar este sistema, generalmente viene marcado por el espacio restante que hay una vez diseñado el chasis y el basculante.

Estos pueden adoptar muchas formas y, a menudo, son simplemente los requisitos de embalaje los que determinan la disposición. En general, es posible conseguir características similares con cualquier configuración, solo hay que seleccionar las dimensiones adecuadas de los componentes principales.

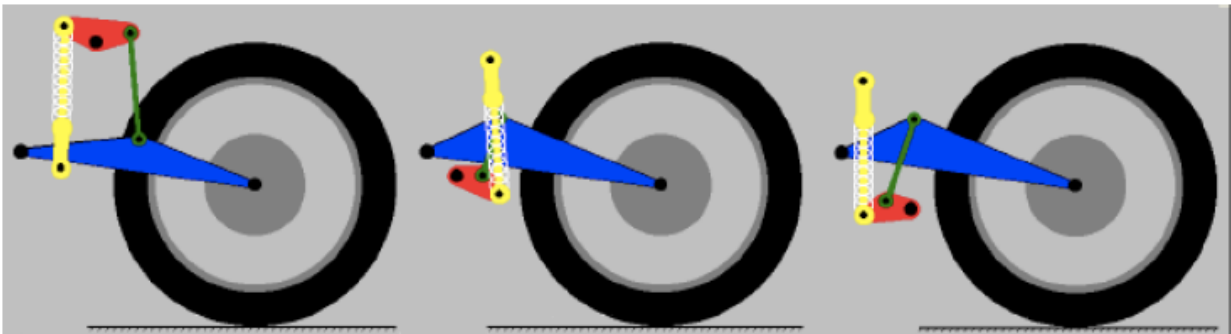


Ilustración 40 Diferentes posibilidades de sistemas de bieletas. Recuperado de [2]

Estas son tres posibilidades de disposición para un sistema básico de bieletas y tirante. Los amortiguadores puede estar o no inclinados o incluso montados totalmente en posición horizontal, por debajo o por encima del basculante, etc.

En algunos casos, se puede montar el extremo fijo del amortiguador en el propio basculante, con lo que se ahorra la necesidad de diseñar puntos de anclaje en la estructura del chasis.

Si la posición de la estructura está cerca del eje del basculante, las propiedades de la suspensión variarán poco.

En el ejemplo del medio de las disposiciones de la ilustración 39, se observa cómo la variación de algunos parámetros básicos puede cambiar las características. Las siguientes gráficas muestran las posiciones de suspensión extendida y comprimida para tres casos diferentes.

La primera es la configuración base, la segunda de la bieleta gira en sentido contrario a las agujas del reloj acortando el amortiguador y también acortando el tirante para restablecer la misma altura de conducción. La última configuración la bieleta gira en el sentido de las agujas del reloj alargando el amortiguador y el tirante.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

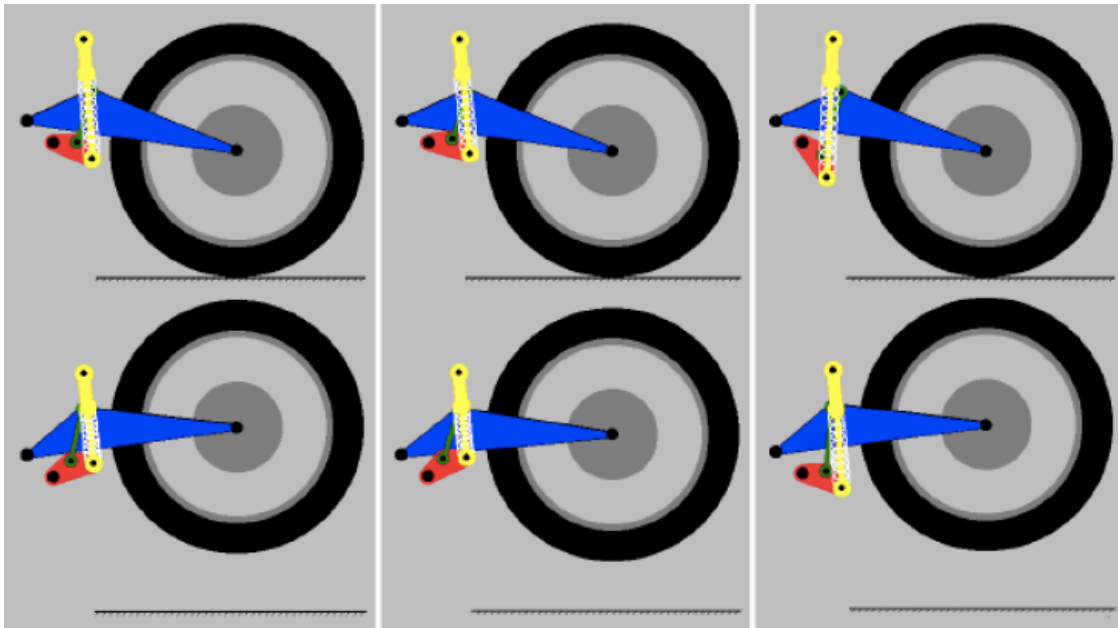


Ilustración 41 Diferentes configuraciones del sistema de bieletas. Recuperado de [2]

En cada una de las geometrías se muestra su posición en máxima extensión y en máxima compresión.

Como en la comparación de sistemas de montaje directo, cada uno de los casos tiene los parámetros del amortiguador ajustados para dar el mismo recorrido, la misma capacidad de energía final y el mismo sag estático. Las propiedades de fuerza y velocidad se representan a continuación.

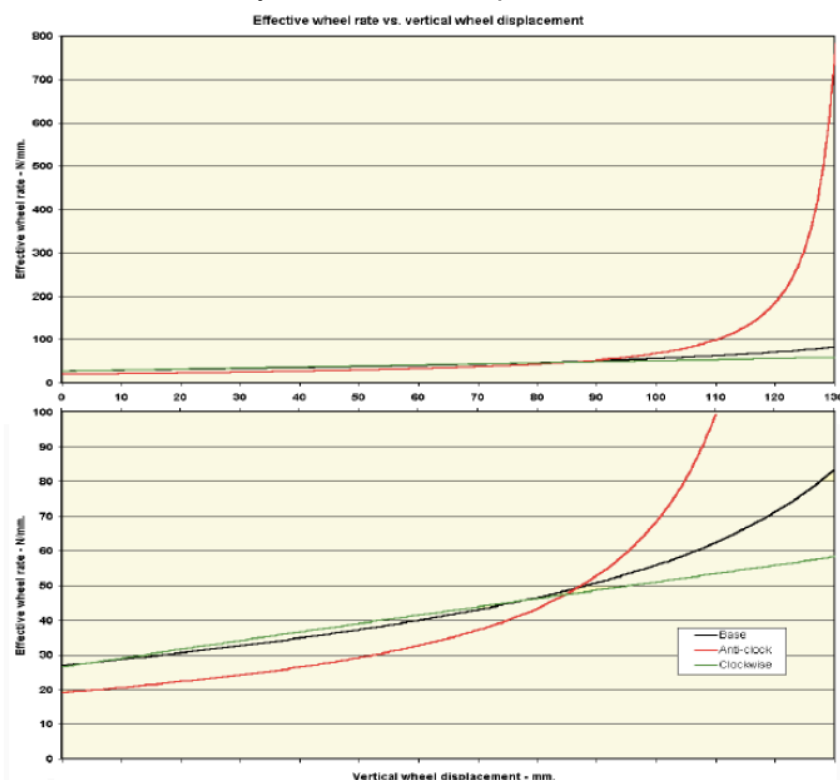


Gráfico 3 Constante efectiva de la rueda frente a su desplazamiento. Recuperado de [2]

Las propiedades de la constante se muestran en dos gráficos. El primero muestra los valores globales, mientras que el segundo tiene una escala vertical ampliada para mostrar en detalle las curvas de cada uno.

Estos muestran que el caso con el amortiguador y el tirante más corto tiene una naturaleza muy progresiva que realmente tiene efecto a partir de unos 90 mm. de compresión. Esto también se ve claramente en los gráficos de fuerza. Es interesante observar que aunque la alineación de las bieletas cambió más en el caso de las agujas del reloj, esto produjo un cambio mucho menor en las características.

Por otro lado, si se estudia la gráfica de fuerza sobre la rueda frente al desplazamiento de la misma, el modelo con las bieletas colocadas con orientación anti horaria varia de igual forma que en las gráficas de la constante.

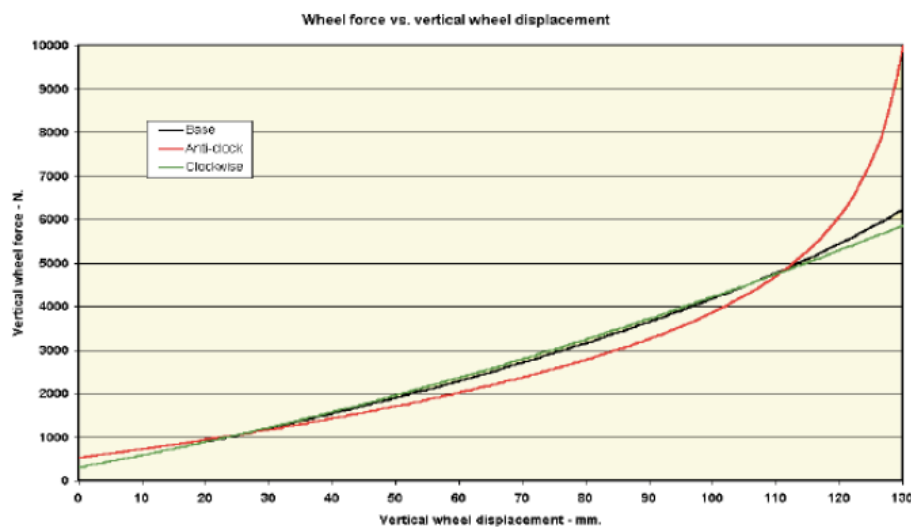


Gráfico 4 Fuerza vertical sobre la rueda frente a su desplazamiento. Recuperado de [2]

Para ver por qué las características cambiaron tanto en el caso del movimiento de la bieleta en sentido agujas del reloj, tenemos que mirar detenidamente la posición de la bieleta cerca del final del movimiento.

En el siguiente diagrama, se muestran dos casos diferentes, a la derecha, un caso base con el amortiguador en su posición normal, y a la izquierda, con el amortiguador y el tirante más acortados, es decir, varía la longitud de partida del amortiguador, y con ella la longitud del tirante, esto hace que la bieleta gire en sentido contrario a la agujas del reloj.

Es evidente que en este caso la relación de velocidad es muy pequeña, con la fórmula de la Cte. rueda = Cte. muelle/ VR^2 hallamos que la relación tiende a ser cero (de ahí la alta constante efectiva de la rueda). Un movimiento adicional de la rueda reduciría L_2 a cero, dando teóricamente una constante de rueda infinita.

El significado real de esto es que el eje (donde pivota) de la bieleta y los dos extremos del tirante estarán en línea, impidiendo que la rueda se mueva más.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Esta es una situación de bloqueo que los diseñadores deben evitar a toda costa.

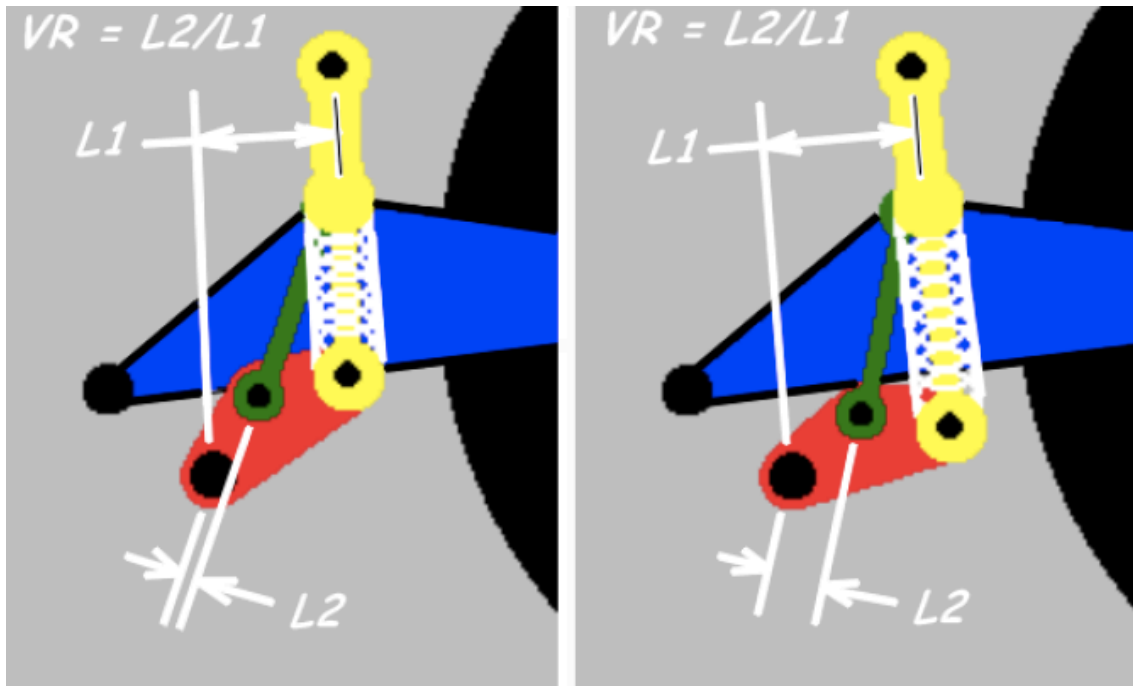


Ilustración 42 Medidas clave para obtener el VR. Recuperado de [2]

Estos tres casos del mismo diseño básico demuestran cómo se puede conseguir una amplia gama de características haciendo cambios relativamente pequeños en la configuración de los detalles.

Dentro de este tipo de geometría de “rocker and link system”, se pueden encontrar sistemas con el amortiguador conectado directamente sobre el basculante, de tal forma que la bieleta quedará en la parte superior de la suspensión.

Seguidamente analizaremos este tipo de modelo de suspensión.

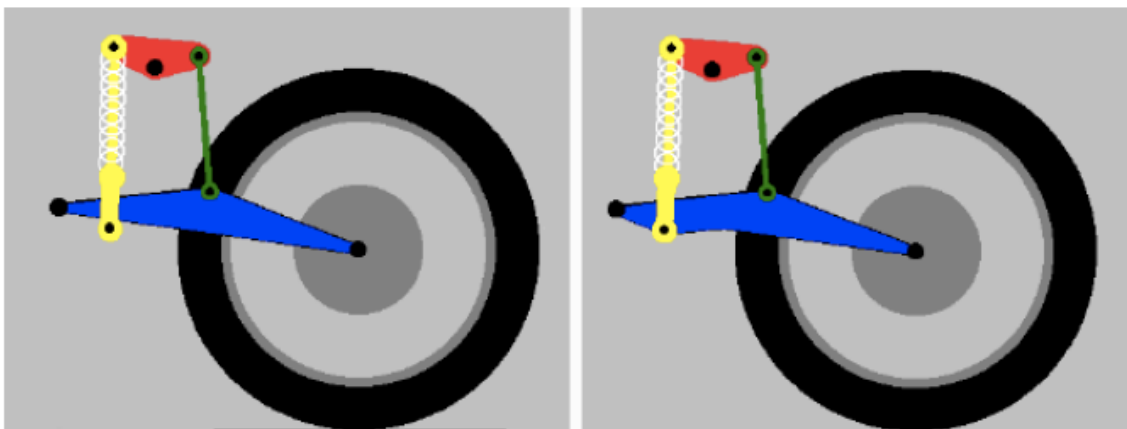


Ilustración 43 Modelo de suspensión con bieletas y tirante anclado al chasis. Recuperado de [2]

Esta geometría puede tener ventajas en el ensamblaje y puede evitar la estructura adicional del chasis principal para sostener el amortiguador.

En la mayoría de los casos, el amortiguador se montará cerca del eje del basculante y no tendrá un gran efecto sobre las características generales, siempre que se realice un ajuste adecuado de las propiedades del muelle. Para tener una idea del efecto del montaje del amortiguador en el basculante, consideraremos un sistema simple de bieleta y tirante, como se muestra en la parte superior.

El montaje en el basculante es tal que el amortiguador está montado exactamente en la misma posición cuando la suspensión está totalmente extendida. Se puede ver que cuando la rueda se mueve, el amortiguador recibe algo de compresión adicional debido a que el extremo inferior es forzado hacia arriba por el basculante.

Por lo tanto, para un determinado movimiento de la rueda, el amortiguador experimenta un mayor desplazamiento cuando está unido al basculante, que cuando está fijado al chasis. En otras palabras, la velocidad de la rueda será mayor y el desplazamiento máximo de la rueda se reducirá.

Esta no es una regla general, ya que si el amortiguador estuviera situado debajo del basculante, el movimiento de la rueda reduciría la compresión del amortiguador, disminuiría la constante de la rueda y aumentaría el máximo desplazamiento del amortiguador.

Las siguientes gráficas corresponden a casos diferentes, uno de ellos con características sin ningún cambio en los ajustes del muelle (izquierda), y el otro (derecha), muestra cuando se ajusta la precarga, carrera del amortiguador y constante del muelle para tener el mismo sag, recorrido y energía almacenada que en el caso de la suspensión con el extremo fijo del amortiguador.

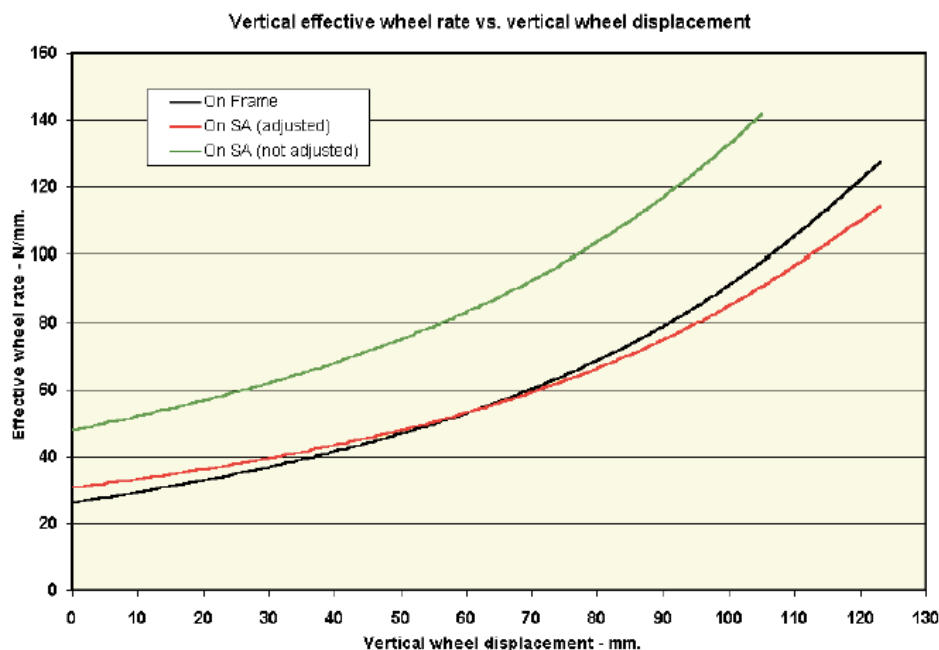


Gráfico 5 Constante efectiva de la rueda frente a el desplazamiento vertical. Recuperado de [2]

Las constantes efectivas de la rueda comparando, el caso con el amortiguador fijado al chasis, con otros dos casos en los que el amortiguador esta fijado en el basculante.

Sin cambiar la constante del muelle, la constante de la rueda es notablemente mayor que la del caso fijo.

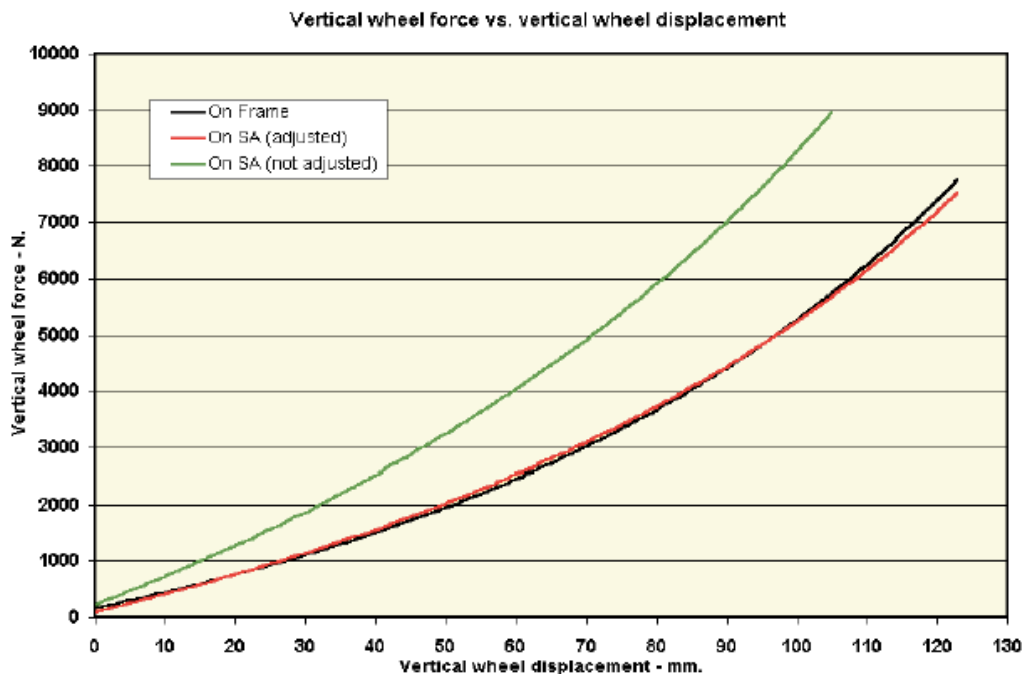


Grafico 6 Fuerza vertical sobre la rueda frente a su desplazamiento vertical. Recuperado de [2]

Respecto a la fuerza vertical sobre la rueda, el caso del amortiguador fijado al basculante y el caso del extremo fijo al chasis tienen comportamientos similares, mientras que, sin cambiar la precarga, carrera, etc. la curva de fuerza es considerablemente mayor, y el movimiento de la rueda se reduce.

4.7.3. BIELETAS MONTADA DIRECTAMENTE AL BASCULANTE

Existen una infinidad de configuraciones para este tipo de geometría. En este caso, la bieleta pivota directamente sobre el basculante. Aquí, tres ejemplos básicos de este tipo de sistema:

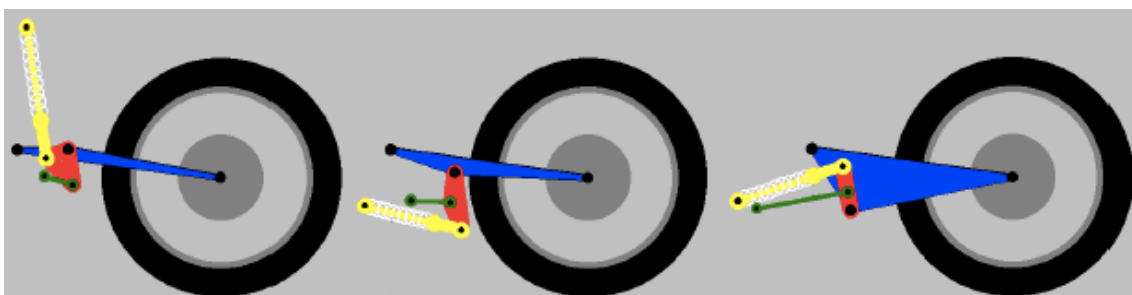


Ilustración 44 Diferentes configuraciones de bieletas. Recuperado de [2]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Con esta disposición y variando ligeramente las longitudes tanto del tirante como las de la geometría de la bieleta, se puede conseguir un gran efecto en las características de la constante efectiva de la rueda.

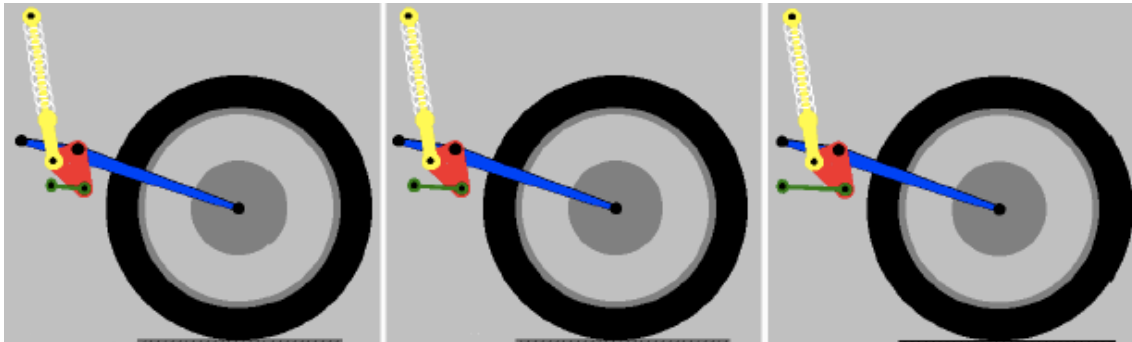


Ilustración 45 Diferentes configuraciones de bieletas y tirante. Recuperado de [2]

Para tener una idea de cómo se pueden ajustar las características en un amplio rango, se considerarán tres casos, cuya única diferencia es la longitud del tirante y su anclaje delantero.

El tirante es más pequeño en la imagen de la izquierda y aumenta hacia la derecha (en los casos de la ilustración 44).

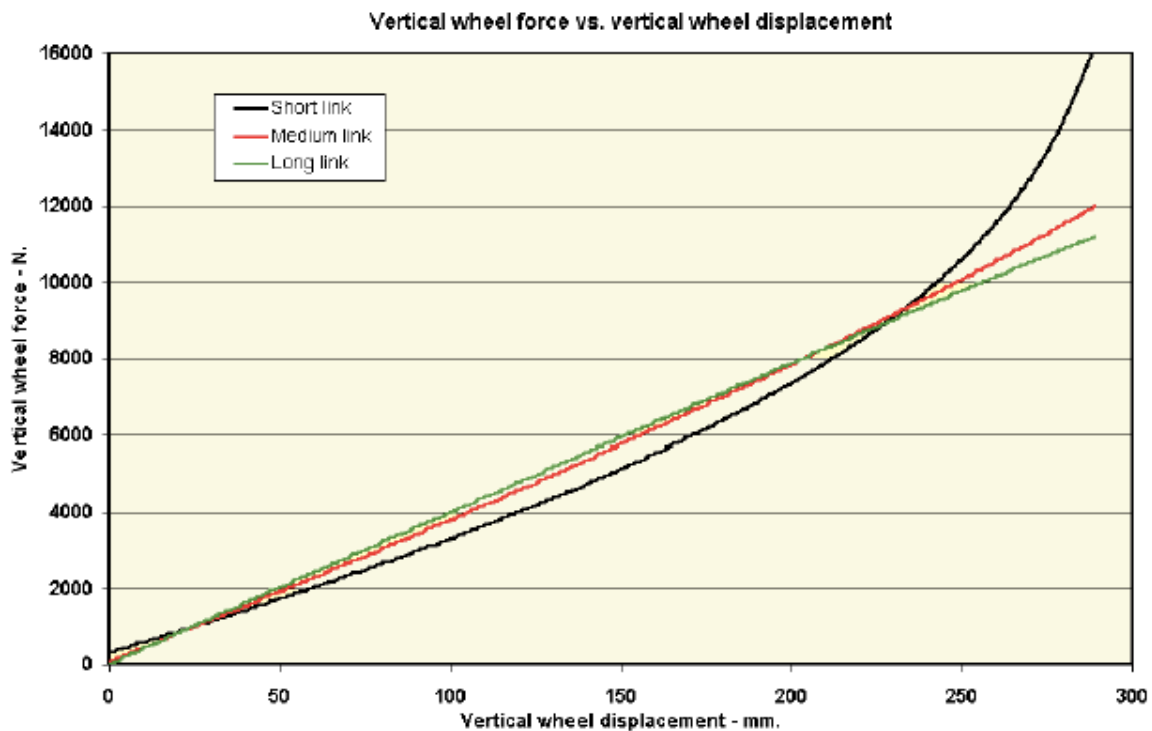


Grafico 7 Fuerza vertical sobre la rueda frente al desplazamiento vertical de esta, de cada uno de los casos. Recuperado de [2]

Observando las gráficas, concluimos que un tirante corto produce un efecto muy progresivo. El sag y la energía almacenada es prácticamente similar en todos los casos.

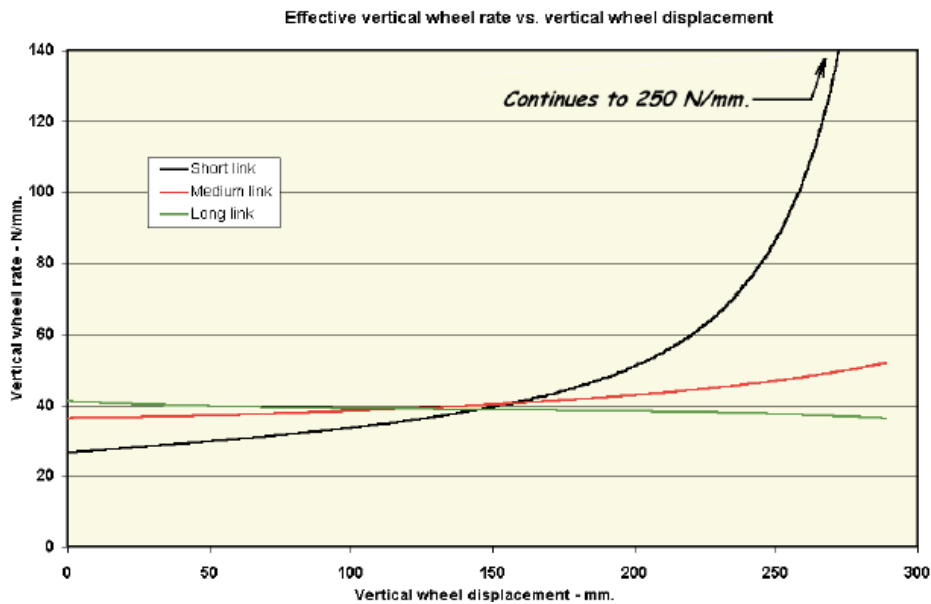


Grafico 8 Constante de la rueda frente a su desplazamiento, de cada uno de los casos. Recuperado de [2]

El gráfico de las constantes demuestra que el tirante corto da una respuesta muy progresiva, el tirante mediano un efecto ligeramente progresivo y el tirante más largo muestra un carácter regresivo. Es decir, la constante efectiva de la rueda disminuye cuanto más se comprime la suspensión y por consiguiente, más se desplaza la rueda verticalmente.

Asimismo, se puede ver que con las diferentes configuraciones es posible obtener casi siempre el valor de fuerza frente a desplazamiento deseado. En estos casos, solo varía la longitud del tirante, pero como se ha mencionado antes, la alteración del ángulo de la bieleta puede suponer grandes cambios en las características de la suspensión.

Además, estos cambios de geometría se pueden complementar con cambios en los parámetros del muelle, longitud del amortiguador, orientación del amortiguador...no hay límite entre las posibles combinaciones para lograr el funcionamiento deseado.

5. ELECCION DEL SISTEMA Y CARACTERÍSTICAS

A la hora de elegir el sistema de suspensión indicado para nuestro prototipo nos basamos en diferentes puntos que era necesario cubrir para un correcto funcionamiento.

Cabe destacar que ningún modelo de suspensión es el específico para una moto en concreto, cada cuál elige el que más beneficioso le sea a las características de su prototipo.

Aunque la sensibilidad del piloto es importante a la hora de ajustar parámetros, durante el diseño no se le tiene tan en cuenta.

Para elegir y diseñar el modelo nos basamos en diferentes factores.

- ⇒ En primer lugar, tuvimos en consideración el incremento de peso que aportan los anclajes de la misma. Al estar diseñando una moto compacta, es necesario tener en cuenta el peso en todo momento, ya que la ligereza es un gran punto a favor en esta categoría.
- ⇒ Integridad estructural: Es necesario que supere las pruebas de carga impuestas por la organización, por lo tanto, debe tener una rigidez y resistencia acorde a estas necesidades.
- ⇒ Características de muelle y amortiguador a adquirir. Comportamiento de tipo lineal, progresivo o regresivo. Valorar el que más nos beneficia y con él elegir el amortiguador y muelle adecuado.
- ⇒ Presupuesto: Otra de las limitaciones por descontado, es ajustarse a presupuesto acorde con las capacidades del equipo. Es necesario equiparar la inversión con el resto del prototipo.
- ⇒ Compacidad: Quizá el factor clave o uno de los más importantes de los descritos hasta el momento. El tamaño de estos prototipos es tan reducido que es necesario acomodar todas sus partes en un espacio muy compacto. El diseño del basculante será uno de los factores más influyentes en este aspecto. Este influirá también en el número de articulaciones que contenga el diseño.
- ⇒ Número de articulaciones: Cada una de ellas conlleva rozamiento y posibles holguras, que a la larga podrían causar problemas. Si el diseño y la fabricación están bien ejecutados no tienen porque dar problema, pero siempre será conveniente minimizar los riesgos y por ende, minimizar el número de articulaciones.

5.1. COMPORTAMIENTO ÓPTIMO

El comportamiento que buscamos y que marcará el diseño de la suspensión es el factor más importante a la hora de configurar la suspensión.

La amortiguación de la moto no solo tiene la función de absorber los baches y los movimientos que estos provocan, también tiene que soportar la carga extra generada por las diferentes inclinaciones que adopta la moto, como por ejemplo durante una curva, donde la suspensión trasera tiene que soportar hasta casi un 50% más de la carga base.

Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, el diseño estructural de la moto nos marcará en gran parte la posición del amortiguador, ya que es necesario para su rigidez, anclar la suspensión al chasis en un punto adecuado que soporte las fuerzas a las que va a ser sometido. Asimismo, la estructura diseñada tendrá que acoplarse correctamente en el espacio restante entre el basculante la rueda y el chasis.

Para conseguir el comportamiento y la constante efectiva adecuada es necesario, probar en un diseño similar el comportamiento de la suspensión y con los datos, trazar un funcionamiento óptimo a buscar en tu diseño. Esto, nos puede dar una idea de qué comportamiento debemos buscar, pero encontrar el valor exacto requiere tiempo y experiencia.

En nuestro caso, tomamos como referencia el prototipo inacabado de la edición anterior, el cuál debimos terminar nosotros para mantener diferentes patrocinios.

Cuando conseguimos acabar el prototipo anterior, se subió un piloto para desplazar la moto debido diferentes eventos, etc.

Solamente la carga del piloto sobre el asiento, hizo que el anclaje de la suspensión trasera (diseñado por el anterior equipo de alumnos) se partiera al instante.

Por tanto, la referencia que teníamos previamente y con la que íbamos a realizar pruebas para tomar como ejemplo en el diseño, se desvaneció a la primera de cambio.

Realizando búsquedas de información acerca de cómo debería ser el comportamiento de la suspensión de un prototipo de estas características, hablando con nuestro piloto y con los datos que el propio Tony Foale te proporciona al adquirir su programa, llegamos a la conclusión de que debíamos conseguir un comportamiento progresivo a la par que rígido, para soportar las frenadas, aceleraciones y paso por curva con la moto totalmente estable, y así conseguir un prototipo ágil y manejable. No hace falta mencionar, que se tuvo en cuenta el tipo de moto que se estaba diseñando, es decir, una moto ligera y con una potencia reducida.

5.2. AMORTIGUADOR UTILIZADO

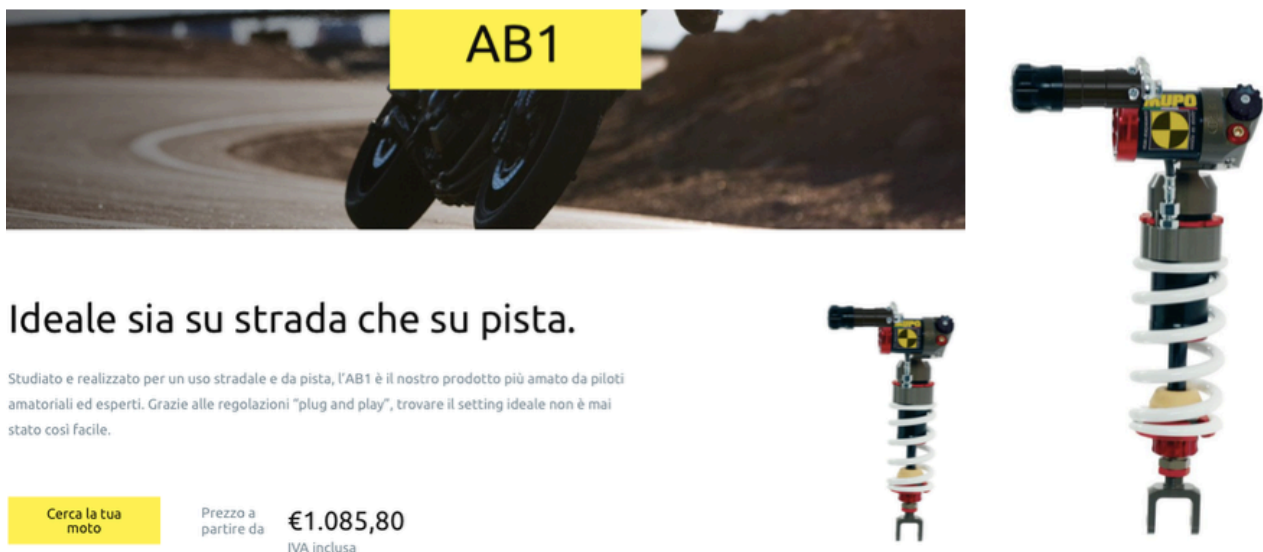
Realizando un estudio de mercado, y teniendo en cuenta varias de las opciones de suspensión trasera disponibles para estos prototipos, nos pusimos en contacto con diferentes marcas como Öhlins, Showa, Andreani, Mupo...

Tras sopesar las ofertas que nos ofrecían los diferentes fabricantes, llegamos a un acuerdo con Mupo, quienes nos descontaban el 50% del precio de mercado del producto a modo de patrocinio.

Es decir, tendríamos sus suspensiones a mitad de precio, a cambio de colocar el logo de su marca en el carenado de nuestra moto.

Valorando todas las opciones, esta era sin duda la más beneficiosa para nosotros, por lo que nos decantamos por comprarles el amortiguador y el muelle a ellos.

Una vez confirmado el patrocinio, elegimos el modelo que creímos convenientes para una moto de competición con estas características. El elegido, y el más conveniente de todas las opciones, y por ende, el que compramos, es el siguiente:



AB1

Ideale sia su strada che su pista.

Studiato e realizzato per un uso stradale e da pista, l'AB1 è il nostro prodotto più amato da piloti amatoriali ed esperti. Grazie alle regolazioni "plug and play", trovare il setting ideale non è mai stato così facile.

Cerca la tua moto

Prezzo a partire da **€1.085,80**
IVA inclusa

Ilustración 46 Amortiguador seleccionado para montar en el prototipo. Recuperado de [8]

Este amortiguador fue el elegido ya que el fabricante lo recomienda para motos como la Aprilia Rs 125, R 250, etc. que son motos muy similares al prototipo que estamos diseñando, por lo que sabemos con certeza que tendrá un funcionamiento adecuado.

Los ajustes independientes de rebote y compresión que se pueden ajustar en él, trabajan en sinergia para garantizar el máximo rendimiento en la pista.

Características técnicas

- Pistón de $\varnothing 46$ mm mecanizado en tocho Ergal 7075
- Longitud 317 mm (-0 +8)
- Velocidad de compresión en baja 10
- Velocidad de compresión en altas 4
- Cilindro de acero de espesor reducido $\varnothing 46$ mm
- Vástago del pistón $\varnothing 16$ mm con recubrimiento antifricción PVD
- Cabezales y ejes de pedalier Ergal 7075 mecanizados por CNC
- Anodizado duro para una máxima resistencia
- Membrana separadora de aceite y nitrógeno

Además este tipo de amortiguadores tan sofisticados tienen diferentes ajustes con los que trabajar y así, configurar el comportamiento de la suspensión. Se pueden ajustar los siguientes parámetros.

- 24 clics de compresión a baja velocidad
- Compresión de alta velocidad con 5 clics
- Extensión de 40 clics
- Ajuste de la distancia entre ejes 9mm
- Precarga del muelle del anillo milimétrico
- Precarga de muelle hidráulica opcional

Por otro lado, el muelle elegido primeramente para montar con este amortiguador tendrá una constante $K = 85$ N/mm y una longitud libre de 141.

Con el amortiguador y muelle ya elegidos, solo queda decidir el tipo de sistema que vamos a diseñar y utilizar en nuestro prototipo.

5.3. ELECCIÓN DEL SISTEMA

Es necesario valorar que sistema de suspensión de los expuestos anteriormente es el más beneficioso para nuestro prototipo. Teniendo en cuenta nuestros deseos, sopesamos las diferentes opciones:

- El anclaje directo al basculante nos aportaría simplicidad al diseño y sería más fácil de desarrollar, además, es el sistema más barato ya que “solo” habría que diseñar un anclaje en el basculante. Sin embargo, esta era una buena opción si hubiéramos podido situar el amortiguador con ángulo, pero debido al espacio disponible nos era imposible.
- El sistema de bieletas tradicional, no aporta un mayor rango de ajustes para conseguir la progresividad que queremos, aunque dependiendo de la geometría que le des a la bieleta se pueden conseguir estas variaciones. Sin embargo, el anclaje de las bieletas al basculante es más complejo de lo esperado, y habría que realizar una modificación demasiado arriesgada en el basculante.
- El último sistema a valorar es el mismo que el anterior pero con el tirante conectado al basculante. Te permite ajustar la configuración (antes de su fabricación) para conseguir el valor de la constante e intentar aproximarte al comportamiento deseado. Además el espacio diseñado para anclar el sistema de suspensión en el basculante, es el idóneo, ya que no es necesario realizar una modificación muy grande en la estructura del basculante.

Por todo ello, valorando las ventajas e inconvenientes comentados anteriormente, se decide diseñar un sistema “rocker link” en el que el tirante esta anclado al basculante, la bieleta es doble (dos en paralelo con el tirante en medio) y gira sobre un eje unido al chasis, además de estar unida al amortiguador.

Esto nos obligará a diseñar un anclaje en el chasis, pero considerando las opciones, es un mal menor fácil de solucionar.

Por lo tanto, el sistema elegido tendrá la siguiente composición:

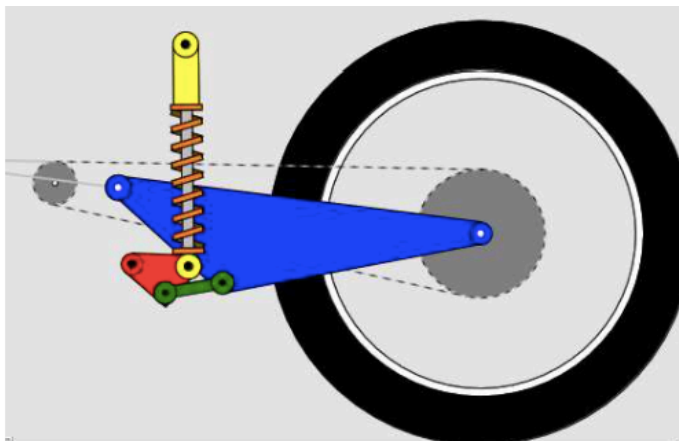


Ilustración 47 Composición de la geometría a desarrollar. Elaboración propia.

6. DESARROLLO DE LA SUSPENSIÓN

Para conseguir las medidas con las que fabricar la geometría definitiva fue necesario probar diferentes configuraciones. Como se ha comentado anteriormente, modificando la longitud del tirante y las medidas de las bieletas se consiguen diferentes características, por tanto, se realizarán diferentes pruebas hasta dar con la adecuada.

Para ello se hará uso del programa Tony Foale Kynematics, creado por un conocido ingeniero con muchos prototipos diseñados a lo largo de su carrera. En él, se programarán las diferentes configuraciones bieleta-tirante diseñadas para obtener la más beneficiosa y de esta forma, no tener que fabricar varias piezas antes de dar con la correcta, minimizando el coste.

A la hora de elegir la geometría adecuada, será necesario tener en cuenta como uno de los principales requisitos, cumplir con las pruebas de carga impuestas por la organización, ya que si la suspensión no soporta esta verificación, el prototipo no será válido para tomar la salida en la competición.

Para simular la suspensión trasera, es necesario introducir varios datos de la geometría completa del prototipo, como peso de la rueda delantera y trasera, radio, carga sobre cada una, offset, etc.

Además, será necesario configurar las suspensiones delanteras para que los resultados de las simulaciones se acerquen a la realidad en lo posible.

Comenzamos con los “Inputs”, comunes para todas las simulaciones. Estos datos han sido tomados de las medidas aportadas por los fabricantes, y del diseño realizado en 3D en SolidWorks.

Miscellaneous data		
Front wheel weight	5,5	Kgf.
Rear wheel weight	6,5	Kgf.
Front wheel Mol	-1	Kg.m2
Rear wheel Mol	-1	Kg.m2
Load on front tyre	90	Kgf.
Load on rear tyre	110	Kgf.
Y coord of CG	554	mm.
Front tyre radius	289	mm.
Rear tyre radius	300	mm.

Rake angle	23,5	deg.
Fork offset	25	mm.
Wheel base	1210	mm.
Y ride height ref.	700	mm.
Trail	98,4	mm.
Wt. balance % - F/R	45,0/55,0	

Ilustración 48 Datos de partida introducidos en el programa Tony Foale. Elaboración propia.

Esta es la primera parte a la hora de programar las simulaciones. “Miscellaneous data” consta con los datos básicos :

- Peso rueda delantera : 5,5 kg
- Peso rueda trasera: 6,5 kg

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

- Los datos de la rueda delantera y trasera del momento de inercia(Mol), son predeterminados. Esto viene recomendado por el programa.
- Peso sobre la rueda delantera (con el piloto): 90 kg
- Peso sobre la rueda trasera (con el piloto): 110 kg
- Radio rueda delantera: 289 mm
- Radio rueda trasera: 300mm
- Altura centro de gravedad: 554mm
- Ángulo de lanzamiento: 23,5°
- Offset de la tija: 25mm
- Distancia entre ejes: 1210mm
- Altura del asiento del piloto: 700mm

Con estos datos, el programa calcula directamente el avance de la moto, y la distribución de los pesos con el piloto subido en el prototipo:

El avance calculado es de 98,4 mm y la distribución de pesos es del 55% sobre la rueda trasera y 45% sobre la rueda delantera.

A pesar de estar bastante bien compensado, deberíamos alcanzar una distribución de pesos más cercana al 50%-50% para optimizar al máximo la agilidad del prototipo, no obstante, como hemos dicho, esta en un rango de parámetros razonables.

Una vez definido estos parámetros, introduciremos los datos aportados por el fabricante sobre la suspensión delantera. De esta forma, completaremos la información acerca del tren delantero y podremos pasar a configurar la suspensión trasera de una forma más real.

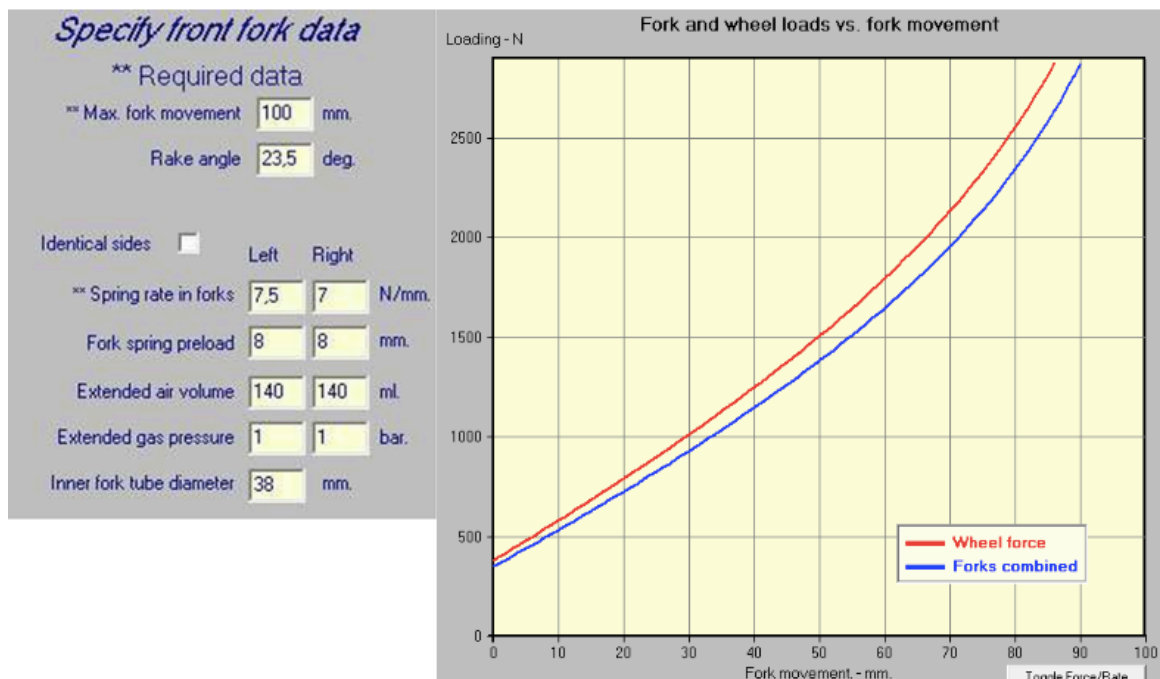


Gráfico 9 Datos y gráfica resultante de la suspensión delantera. Recuperado de [2]

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

En nuestro caso, disponemos de una horquilla de la marca Mupo, al igual que la suspensión trasera.

Estas horquillas tienen un recorrido máximo de 100mm y diferentes muelles en cada una de ellas.

Una lleva un muelle de $K = 7,5 \text{ N/mm}$ y la otra un muelle de $K = 7 \text{ N/mm}$.

Además, aunque se pueda variar, realizaremos la simulación con una precarga de 8 mm en cada una de ellas.

El nivel de volumen de aire en ellas se midió al recibirlas. Para ello, se desmontaron por completo y posteriormente se volvieron a montar.

Cuantificando la cantidad de aceite introducida sabemos el valor aproximado de aire en el interior.

Por último, el diámetro del tubo interno de la horquilla nos lo aporta el fabricante en la ficha técnica.

En el gráfico 9, a la derecha de los inputs, tenemos la gráfica de funcionamiento de la suspensión delantera. Variará si ajustamos la suspensión de diferente manera. Por ejemplo, si variamos la precarga variará. El gráfico 10 corresponde con la precarga de la horquilla igual a 0, es decir, sin precargar.

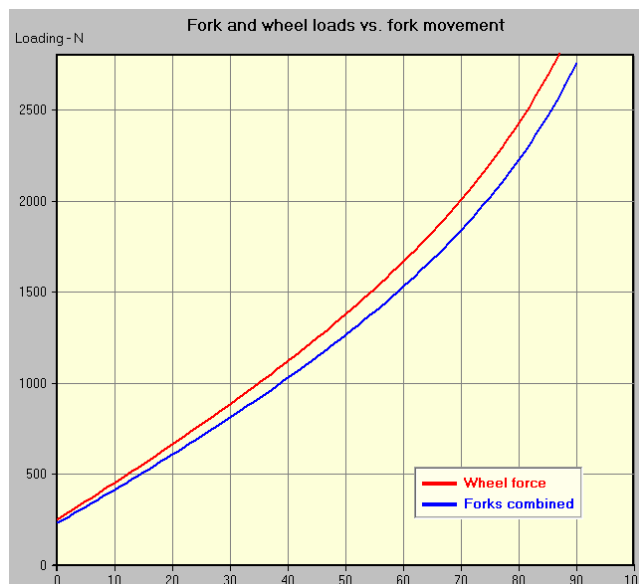


Gráfico 10 Comportamiento de la suspensión delantera sin precarga. Elaboración propia.

Esto es solo un ejemplo y una manera de modificar el funcionamiento de la suspensión delantera, pero no es la única.

Además de la precarga se puede modificar la cámara de aire en su interior, sustituir los muelles por unos más blandos o duros, etc.

Sin embargo, estos ajustes se realizarán según la opinión del piloto, y se ajustarán a su medida una vez probada la moto.

Una vez configuradas las características geométricas de la moto, y las horquillas delanteras, solo nos queda crear la configuración correcta para la suspensión trasera. Es en este momento cuando diseñaremos diferentes configuraciones bieletas-tirante hasta dar con la más oportuna.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Para ello, necesitamos introducir, al igual que con las delanteras, datos del diseño del prototipo, tales como, el tipo de suspensión a diseñar, medidas del basculante, coordenadas del piñón de la cadena, coordenadas de anclaje del amortiguador...

Primeramente seleccionamos el modelo de suspensión a desarrollar. El programa permite elegir la opción que más se asemeja, a partir de ahí se introducen los datos:

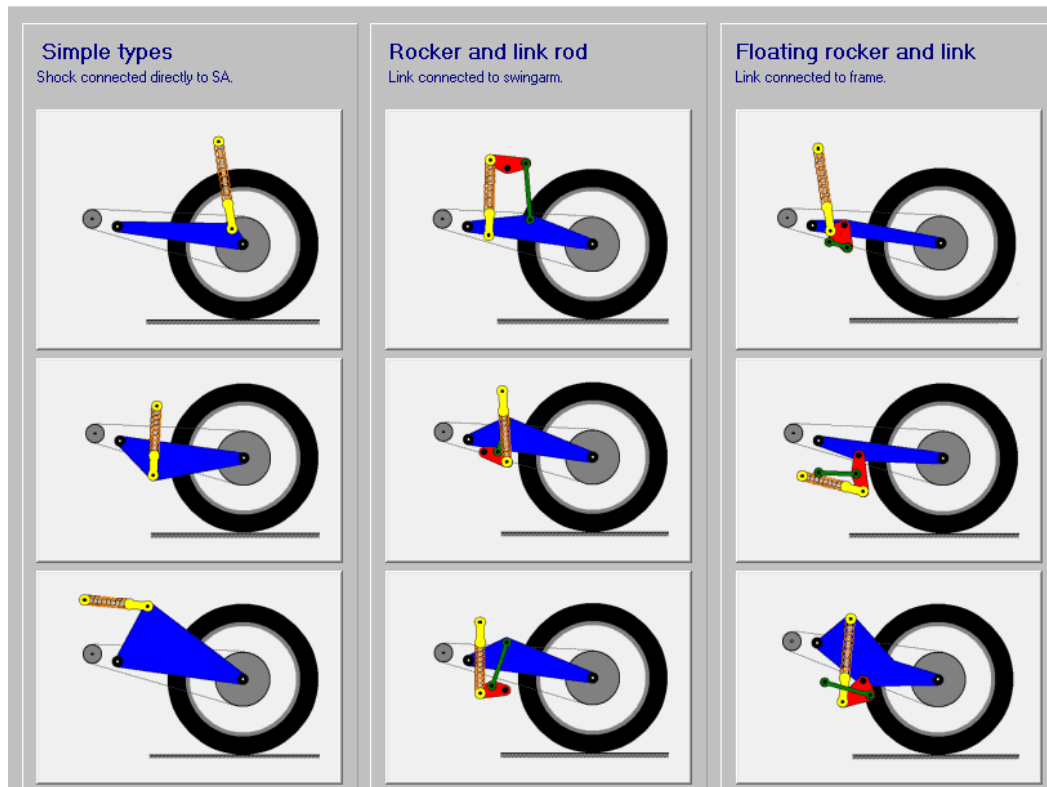


Ilustración 49 Tipos de configuraciones del sistema bieleta tirante. Recuperado de [2]

En nuestro caso, debido (entre otras) al espacio, el tirante se conectará en el basculante y el pivote de las bieletas irá unido al chasis. Estos anclajes se deberán poner en común con el diseñador estructural del chasis y el basculante, y así, llegar a una solución válida para fabricarla.

Por lo tanto se seleccionará el modelo rocker and link rod, con el “link connected to the swingarm”, que no es otra cosa que lo nombrado recientemente, el tirante conectado al basculante.

Con el modelo predeterminado introducimos las medidas estructurales del modelo 3D diseñado en Solid Works, las cuales, son las medidas reales.

Primero determinamos las medidas estructurales del basculante. Será necesario determinar si el tirante está conectado por encima o por debajo del eje del basculante.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

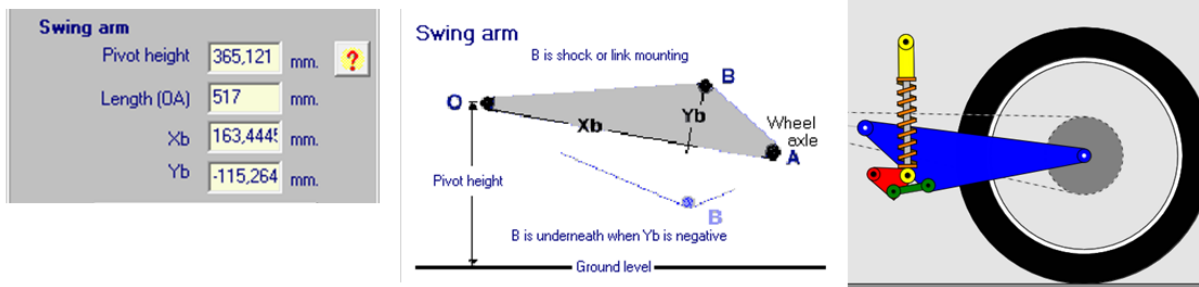


Ilustración 50 Datos de entrada de la geometría del basculante. Elaboración propia.

Las medidas introducidas se corresponderán con:

- Eje del basculante en el chasis: 365,121mm
- Longitud del basculante: 517 mm
- Xb e Yb son las coordenadas del anclaje del tirante al basculante: 163,44mm y -115,264mm (debido a que esta por debajo del eje del basculante)

Introducidas estas medidas, ya tenemos definidas en el programa las coordenadas del basculante. Cabe decir que estas medidas no cambiarán en ninguna de las pruebas. Asimismo, es necesario para entender las medidas conocer el origen de coordenadas (0,0):

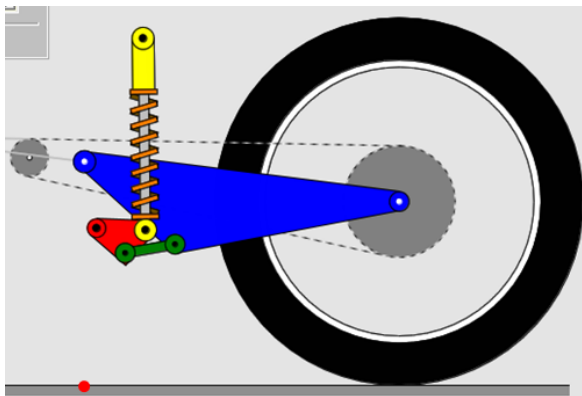
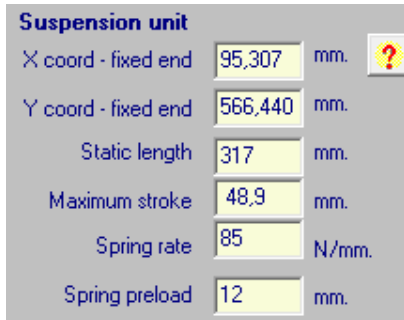


Ilustración 51 El punto rojo indica el (0,0) en las coordenadas del programa. Elaboración propia.

El punto rojo, indica la coordenada (0,0). Es la intersección entre el plano del suelo y la recta perpendicular que pasa por el eje que une basculante y chasis.

A continuación, se introducen los datos del amortiguador trasero. Estos datos vienen dados por el fabricante (menos los ajustables, como precarga...).

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

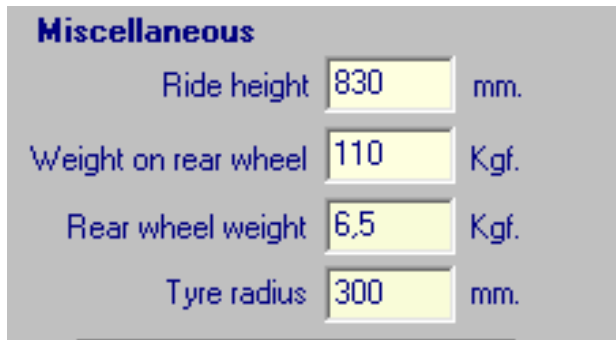


Suspension unit		
X coord - fixed end	95,307	mm.
Y coord - fixed end	566,440	mm.
Static length	317	mm.
Maximum stroke	48,9	mm.
Spring rate	85	N/mm.
Spring preload	12	mm.

Ilustración 52 Coordenadas del amortiguador. Elaboración propia.

- Son necesarias las coordenadas (X e Y) del anclaje fijo del amortiguador al chasis, es decir, el superior
- Longitud estática del amortiguador (ajustable)
- Máxima carrera del amortiguador
- Constante efectiva del muelle (ajustable cambiando el muelle)
- Precarga del muelle (ajustable)

Definidos los datos del amortiguador, el programa nos vuelve a recordar los datos introducidos en el inicio que intervienen en la suspensión trasera, por si fuera necesario modificarlos.



Miscellaneous		
Ride height	830	mm.
Weight on rear wheel	110	Kgf.
Rear wheel weight	6,5	Kgf.
Tyre radius	300	mm.

Ilustración 53 Datos que intervienen en el funcionamiento de la suspensión trasera. Elaboración propia.

En el caso de la altura de pilotaje (ride height) se modifica, y se toma la altura de la parte trasera del asiento en vez de la delantera, pasando de 700mm a 830mm.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Por último, antes de definir los elementos clave como son las bieletas y el tirante, se especifican las medidas correspondientes con la parte ciclo, como el número de dientes del piñón, de la corona, la relación entre ellos, y las coordenadas del centro del piñón.

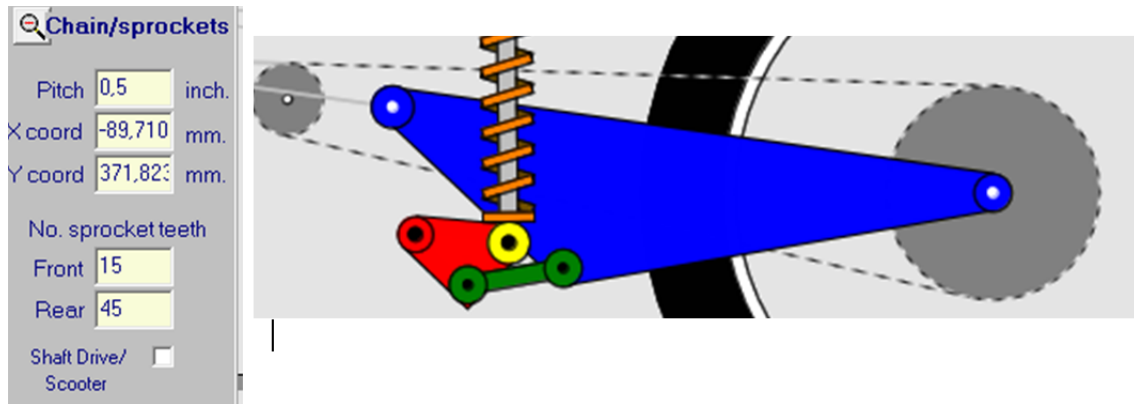


Ilustración 54 Datos del piñón y la corona que se van a utilizar en el prototipo. Elaboración propia.

Con estos datos, completamos las partes que no van a cambiar en ninguna simulación. Todas y cada una de ellas, tendrán los mismos datos de partida para poder compararlas y así, elegir la más conveniente.

Asimismo, comenzamos a diseñar las bieletas y el tirante, con los que iremos jugando y simulando, hasta alcanzar las curvas y condiciones deseadas. Será necesario también, determinar la posición del anclaje de estos elementos. Esto se debe discutir y analizar hasta llegar a un acuerdo, con los diseñadores del chasis y basculante (otro miembro del equipo), para no interferir estructuralmente con elementos del prototipo ya diseñados.

El anclaje al basculante y al chasis será común para todos los diseños a realizar por lo que se especificarán previamente. Es un factor muy importante ya que todo debe encajar en su sitio, y realizar movimientos libremente, sin que haya contactos.

El tirante se unirá a un eje inferior en el basculante, y las bieletas estarán conectadas al chasis a través de una orejeta soldada al puente entre núcleos, diseñada específicamente para sujetarlas. La coordenada del centro del anclaje de la bieleta será $X = 19,51$ e $Y = 256,606$.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

En las siguientes imágenes se aprecia la composición que tendrá la suspensión.

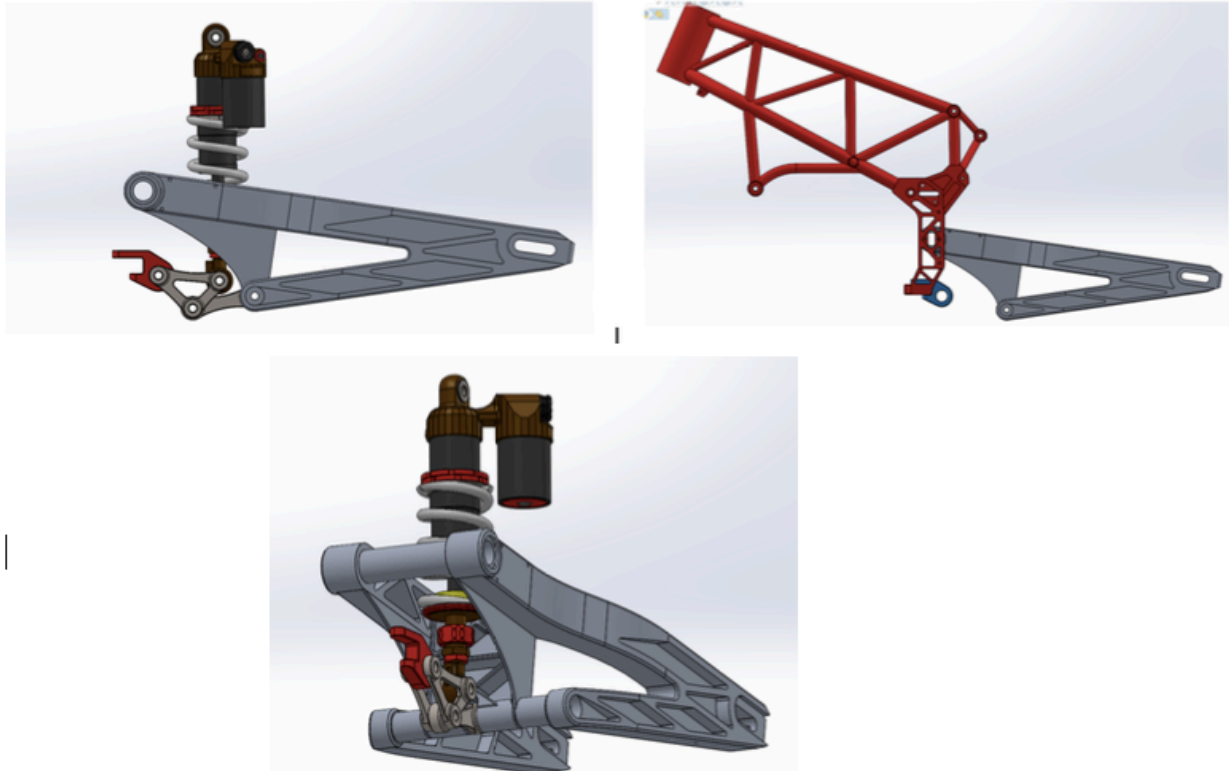


Ilustración 55 Suspensión diseñada del prototipo. Colocada en el lugar dónde se situará. Elaboración propia.

Para diseñar las bieletas será necesario especificar las medidas de la siguiente manera:

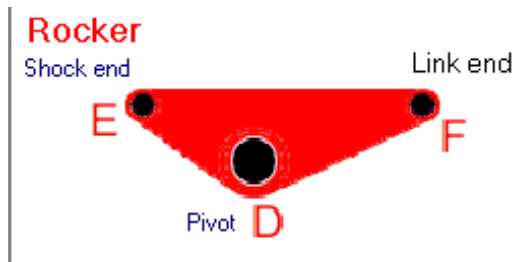


Ilustración 56 Geometría que se debe especificar en el programa. Recuperada de [2].

Aunque la geometría no esté dispuesta de la misma manera, habrá que introducir las medidas atendiendo a ese orden. Es decir, el vértice pivotante no tiene porque ser el inferior, de hecho en nuestro caso, será el que queda más lejos de la rueda trasera-

Por otro lado, un diseño de una bieleta tiene que partir de la base de que la suma de los lados DE más DF, debe ser siempre superior al lado EF.

En los siguientes gráficos, se especificarán las diferentes medidas de las bieletas, y las fuerzas que soportarán durante el desplazamiento vertical de la rueda trasera.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

1^{er} diseño de bieletas-tirante

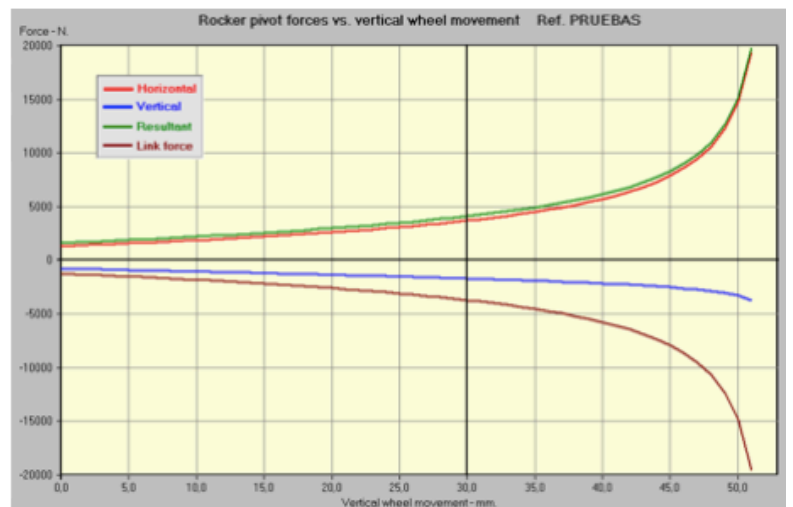
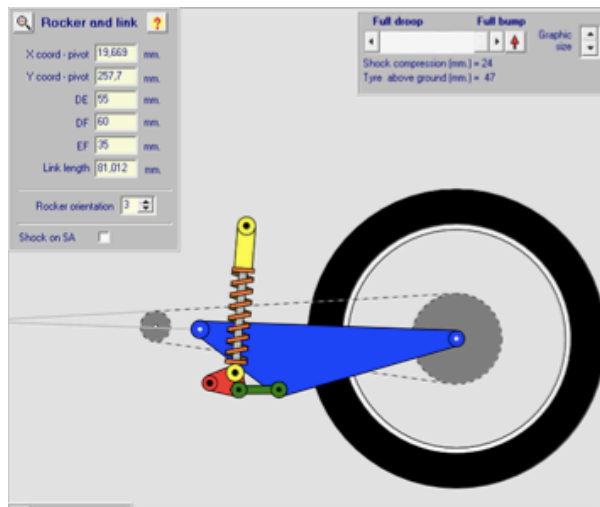


Grafico 11 Datos y comportamiento del primer diseño de bieletas y tirante. Elaboración propia.

2^º diseño de bieletas-tirante

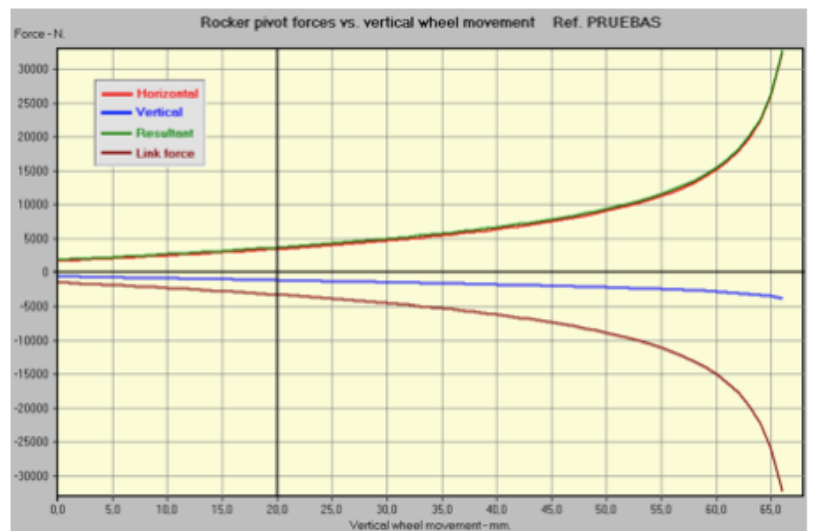
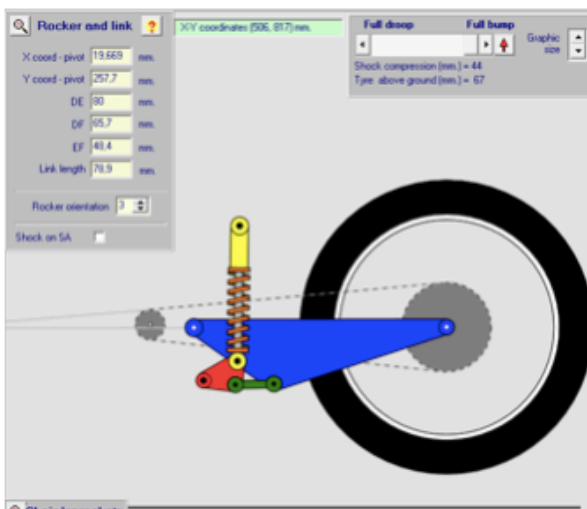


Grafico 12 Datos y gráfica del comportamiento del segundo diseño. Elaboración propia.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

3^{er} diseño bieletas-tirante

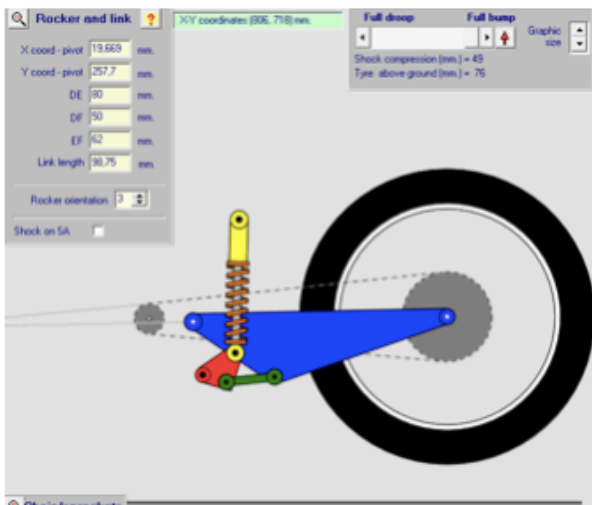


Gráfico 13 Datos y comportamiento del tercer diseño planteado. Elaboración propia.

4^o diseño bieletas-tirante

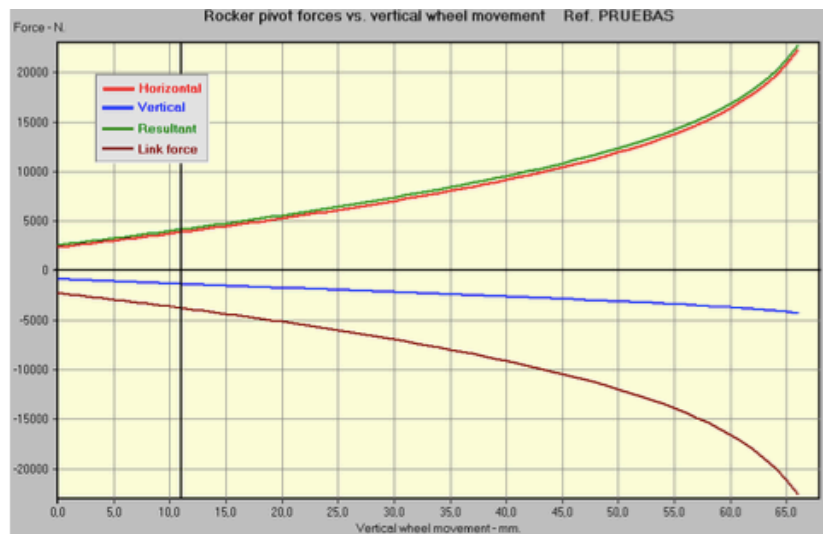
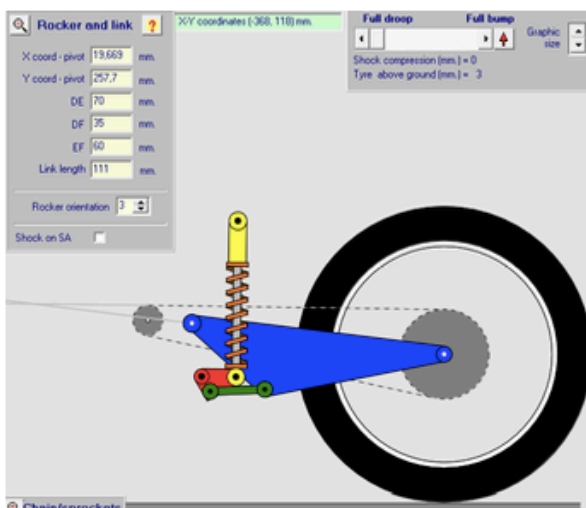


Gráfico 14 Datos y gráfica del comportamiento del cuarto diseño. Elaboración propia.

5º diseño bieletas-tirante

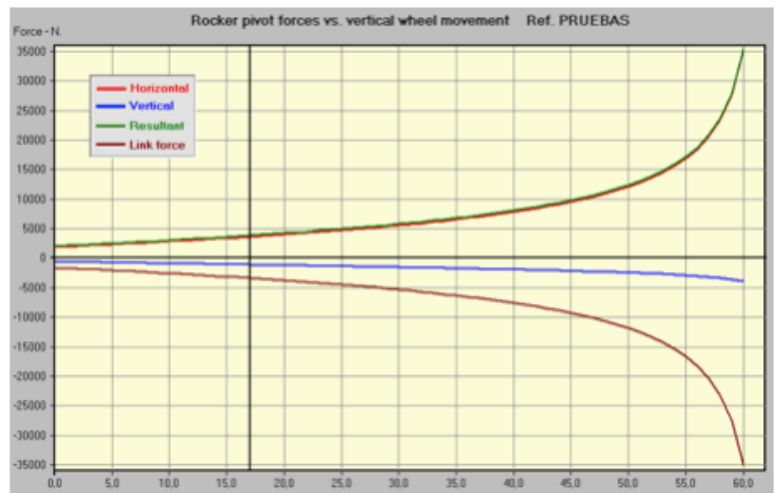
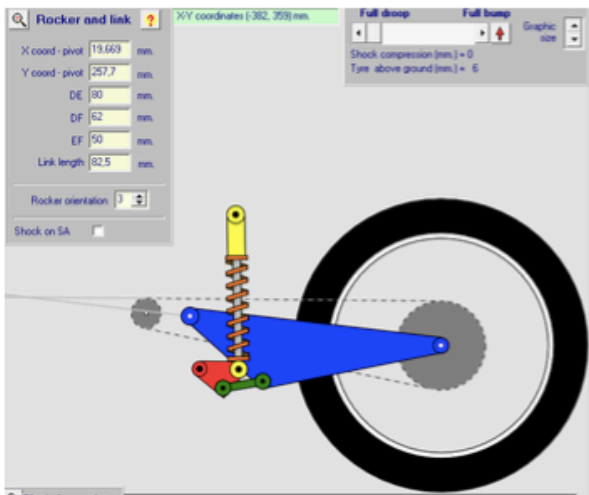


Grafico 15 Datos y gráfica del comportamiento del cuarto diseño. Elaboración propia.

Además de estos, se realizaron varios diseños más, pero los resultados diferían mucho del objetivo y se decidió no incluirlos.

Una vez obtenidos los resultados de cada diseño (se tienen más resultados de cada diseño que las gráficas de las ilustraciones anteriores), debemos elegir el que más nos beneficie y más se acerque a las características requeridas. Como se comentó anteriormente, es necesario que la suspensión soporte una prueba de carga de 250kg, además, la constante efectiva de la rueda debe tener un carácter exponencial de forma que cuanto más se comprime el amortiguador más difícil será continuar comprimiéndola, es decir, cuanto mayor es la carrera más dura estará la suspensión.

Tomando como referencia estos datos, comenzamos la elección del diseño.

El primer diseño se descarta debido a sus limitaciones geométricas. En las simulaciones observamos como con esta configuración el amortiguador solo se puede comprimir 24 milímetros, un valor un 50% menor al dado por el fabricante en la ficha técnica.

El segundo diseño, cumple con las características requeridas, y la reducción de la carrera debido a la limitación geométrica es menor de un 1 centímetro. Por tanto en un primer instante no se descarta.

En el tercer diseño las constantes son exponenciales y tienen un valor máximo acorde con lo requerido, sin embargo, la fuerza que es necesario aplicar para superar la precarga y que la suspensión comience a trabajar correctamente es muy elevada, por lo que, aunque se superaría la prueba de carga, el funcionamiento de la suspensión con las cargas generadas en un circuito no sería el correcto. De acuerdo con lo analizado, se desestima este modelo.

El cuarto caso es un claro caso de sobredimensionamiento, es decir, la suspensión soporta unas cargas muy superiores a la que se van a aplicar, por lo que de la misma forma que en el caso anterior, la suspensión comenzará a trabajar con fuerzas muy superiores a las reales. Se descarta también.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

El quinto modelo, nos ofrece unas características acordes con las buscadas. Al igual que en el segundo caso, las constantes son exponenciales y las tensiones máximas soportadas por la geometría se adecuan a las necesarias para el correcto funcionamiento de la suspensión en la realidad.

Por consiguiente, habrá que decidir entre el segundo y el quinto modelo diseñados.

Comparando la gráfica de fuerza-movimiento vertical de la rueda de ambos modelos no podemos decidirnos ya que tienen un carácter bastante similar.

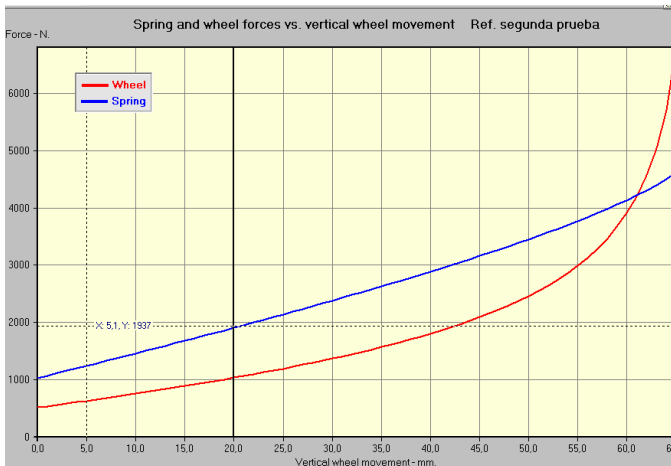


Gráfico 17 Fuerzas sobre el muelle y rueda frente al desplazamiento vertical, del segundo diseño. Elaboración propia.

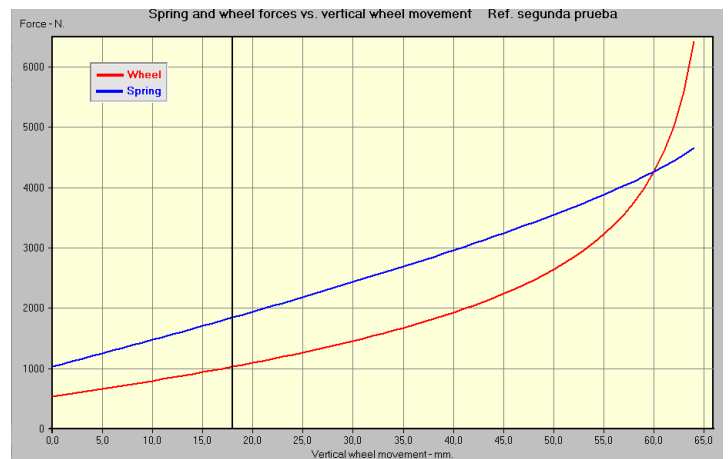


Gráfico 16 Fuerzas sobre el muelle y rueda frente al desplazamiento vertical, del quinto diseño. Elaboración propia.

Por ello, debemos fijarnos en pequeños factores. El sag por ejemplo, es menor en el 5º diseño, cosa que beneficiará al comportamiento de la moto dejándole más margen de hundimiento.

Por otro lado, analizando la geometría, el segundo diseño tiene un tirante más corto.

Esto puede ser un problema ya que en máxima compresión el tirante se queda en posición horizontal prácticamente y esto no debería ocurrir, ya que estaría en una situación de bloqueo de suspensión.

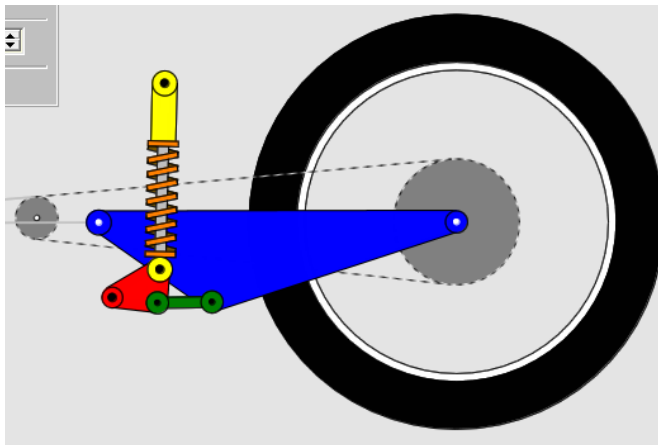


Ilustración 57 Máxima compresión en el segundo diseño. Elaboración propia

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Sin embargo, con un tirante un poco más largo como es el caso del 5º diseño, este problema se soluciona. Por ello, y considerando que las demás características son de carácter similar, se elegirá el 5º caso para desarrollar y próximamente fabricarlo.

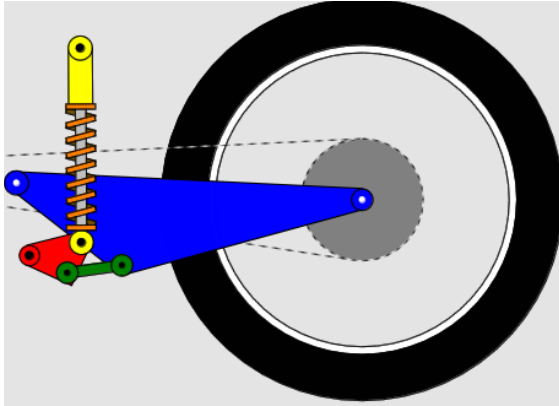


Ilustración 58 Máxima compresión en el quinto diseño. Elaboración propia.

Elegido el sistema y el diseño desarrollado, queda analizar los datos específicos que caracterizarán la configuración de la suspensión. Estos datos nos los proporcionará el programa una vez compilado con los “inputs” completados.

Con la configuración elegida obtenemos los siguientes datos:

- Relación entre la fuerza ejercida en el muelle y en la rueda, frente al desplazamiento vertical de la rueda. También se representará la fuerza sobre el muelle y la rueda con la compresión del amortiguador.

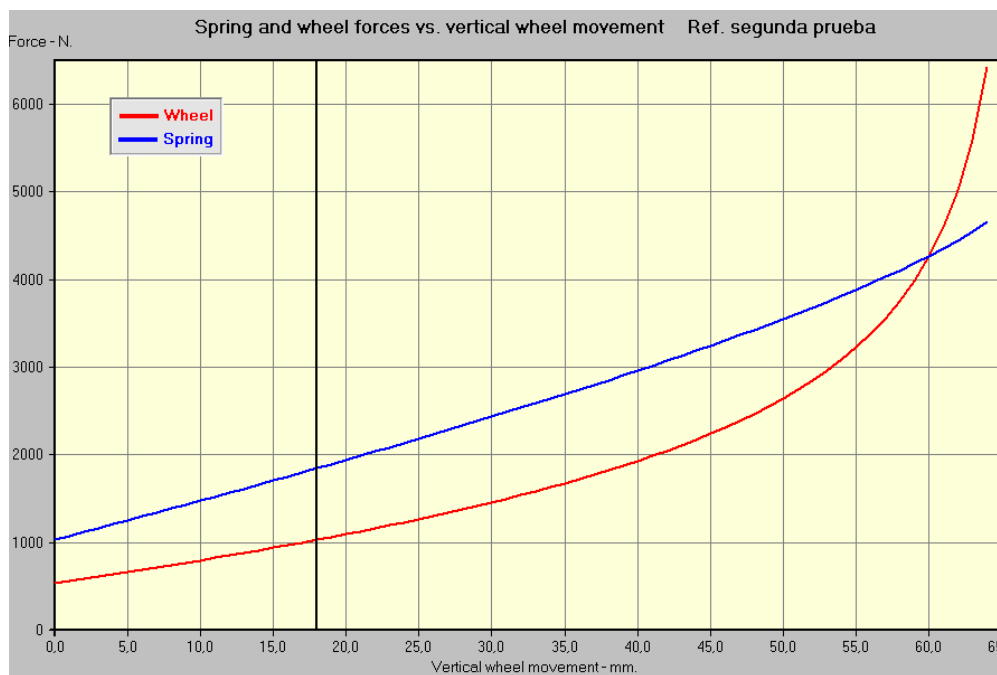


Grafico 18 Relación entre la fuerza ejercida sobre el muelle y la rueda, y el desplazamiento vertical de la rueda. Elaboración propia.

La línea negra vertical nos marca el sag con el piloto encima de la moto, son 18 milímetros, un valor un poco pequeño, pero dentro de lo normal.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Se observa como la constante de la rueda aumenta exponencialmente, mientras que la del muelle, a pesar de ser exponencial, no tiene una curvatura muy notoria.

El máximo desplazamiento vertical de la rueda que tendremos será de aproximadamente 50-55 mm, lo que corresponderá a una fuerza ejercida de 3000 Newtons (N) sobre la rueda y 3875 N sobre el muelle. Aunque el máximo de la suspensión sea superior, no tendremos elementos que generen la fuerza necesaria para desplazar tanto la rueda.

- La constante de la rueda en comparación al movimiento vertical de la misma.

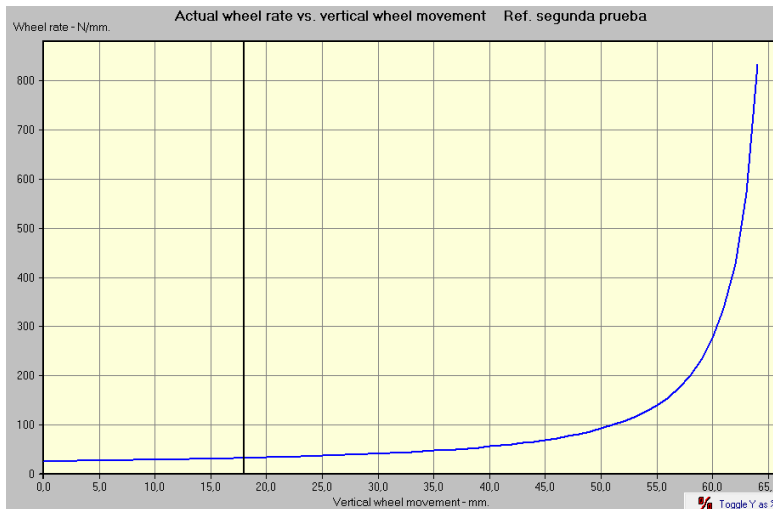


Grafico 19 Constante de la rueda frente al desplazamiento vertical de la misma. Elaboración propia.

- Compresión del amortiguador relacionado con el desplazamiento vertical de la rueda trasera.

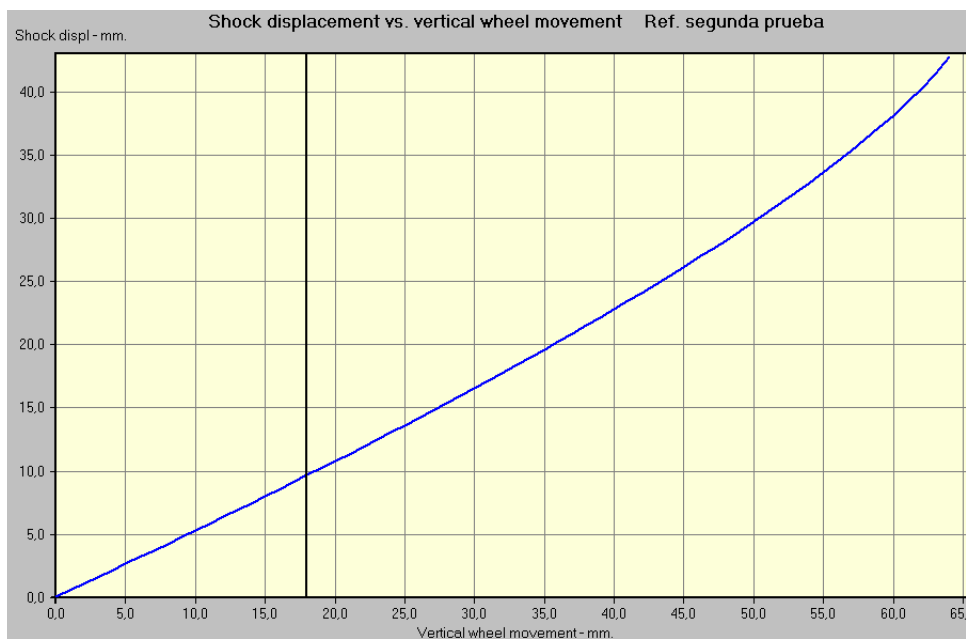


Grafico 20 Compresión del amortiguador frente al desplazamiento vertical de la rueda. Elaboración propia.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

- Variación del ángulo del basculante con el desplazamiento vertical de la rueda.

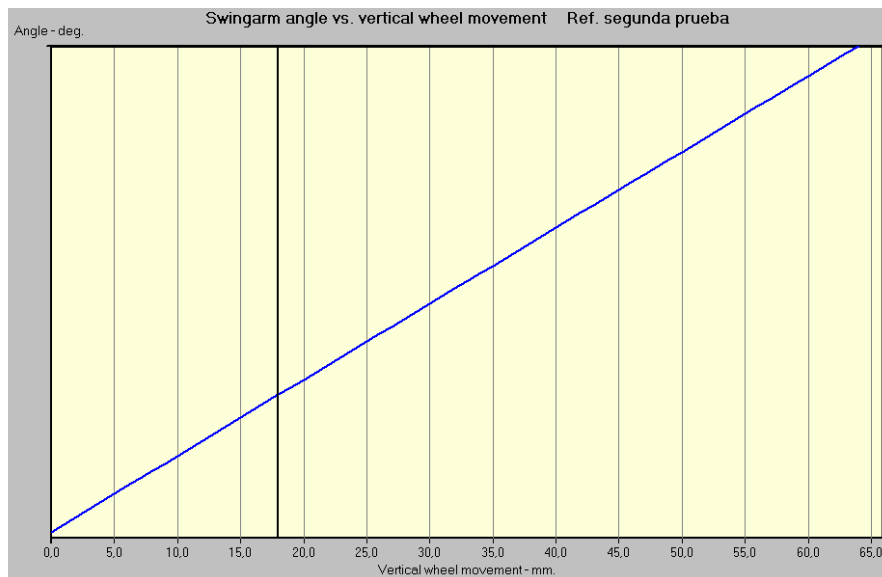


Grafico 21 Variación del ángulo del basculante frente al desplazamiento vertical de la rueda. Elaboración propia.

- Fuerzas que va a soportar el basculante con esta configuración de bieletas y tirante unidas directamente.

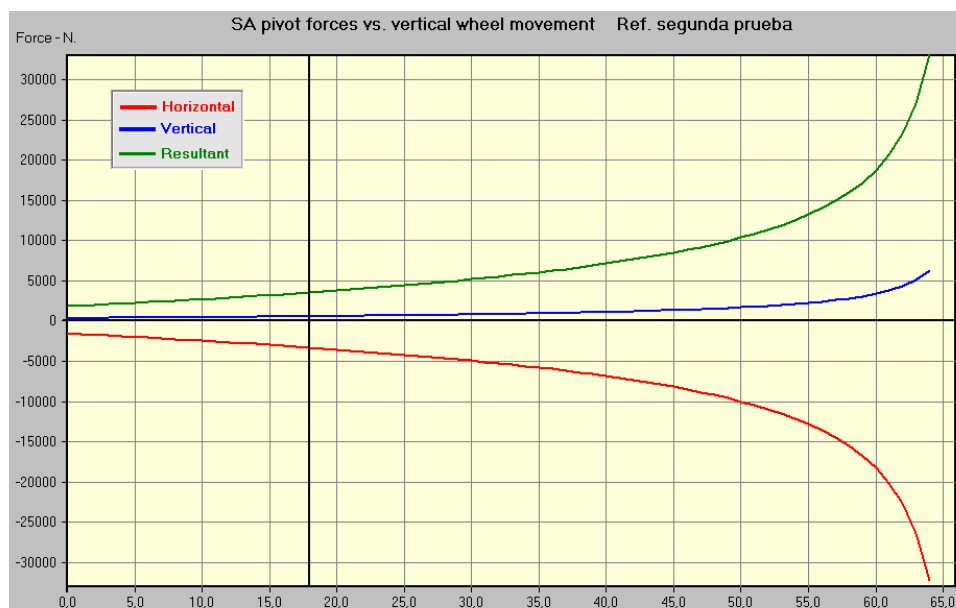


Grafico 22 Fuerzas soportadas por el basculante. Elaboración propia.

Las fuerza máxima soportada por el basculante será la correspondiente al desplazamiento vertical de la rueda entre 50 y 55 milímetros, debido a lo mencionado anteriormente.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Por tanto las fuerzas soportadas por el basculante serán:

- Horizontal: 12381 N
- Vertical: 1536 N
- Total: 12743 N
- Fuerzas que soportan las bieletas y el tirante a lo largo del desplazamiento de la rueda trasera.

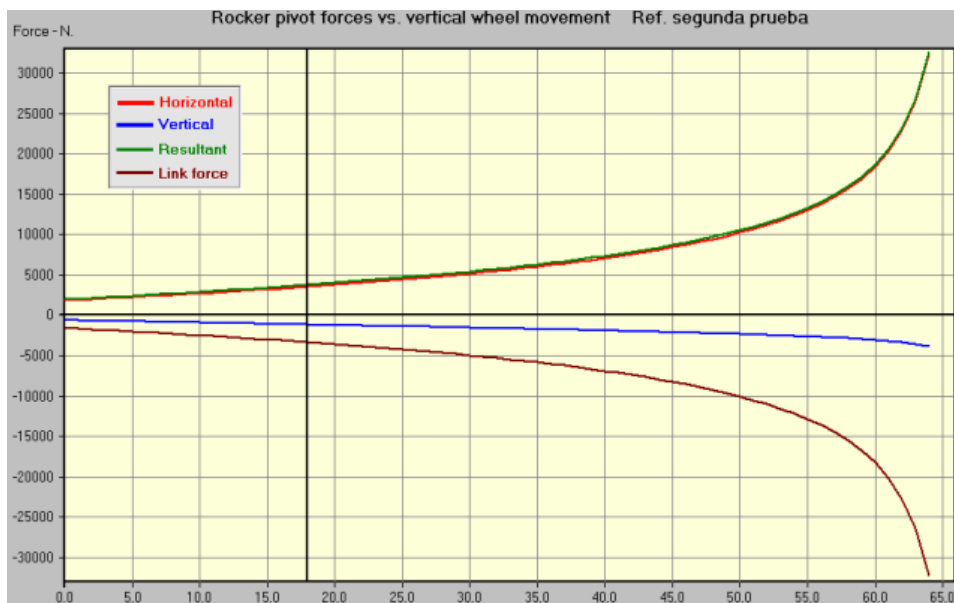


Grafico 23 Fuerzas soportadas por las bieletas y el tirante. Elaboración propia.

En esta gráfica, se observan las fuerzas parciales y totales que se ejercen sobre las bieletas (rocker) y sobre el tirante (link). Además se puede observar también el sag, marcado por la línea negra vertical. La fuerza máxima que van a soportar será -al igual que para el basculante- la correspondiente a un desplazamiento vertical de la rueda entre 50 y 55 milímetros.

Por lo tanto las fuerzas soportadas por las bieletas y el tirante serán:

- Horizontal(bieleta): 12020 N
- Vertical(bieleta): 2621N
- Total bieleta: 12923 N
- Total tirante: 12321 N

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

- Podemos medir la cantidad energética absorbida por el amortiguador durante todo el recorrido. Como es lógico, cuanto más se comprime el amortiguador, más energía almacenará.

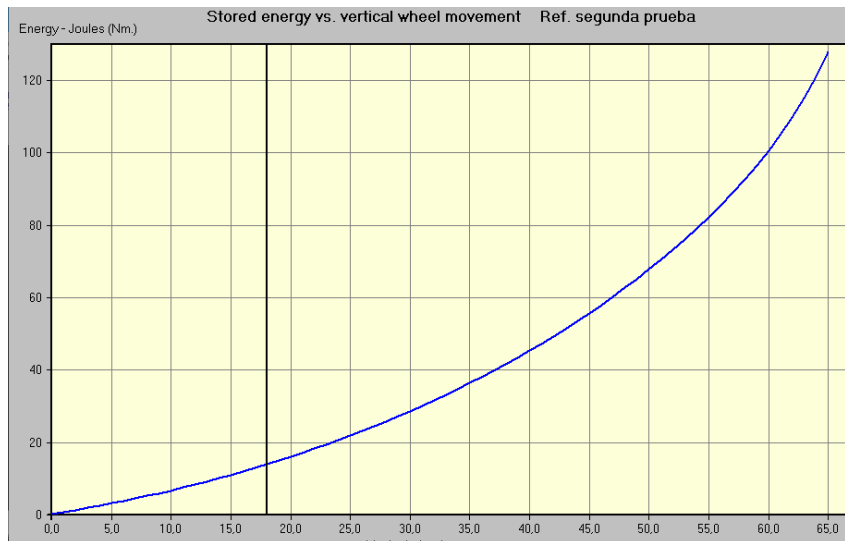


Gráfico 24 Cantidad de energía almacenada por el muelle. Elaboración propia

- Por último, se adjunta la tabla de valores utilizados para la realización de las gráficas anteriores, en las que se puede ver con exactitud los valores en cada instante.

Wheel displ.	Shock displ.	Wheel rate	Spring load	Wheel load	Pivot load to	Pivot load ve	Pivot load h	Rocker load i	Rocker load v	Rocker load h	Link force	Spring energy	Anti-squat %	Anti-squat ar
0	0,0000	242.244	1.020.000	5.232.789	1695,28	231,17	-1679,44	1842,44	-726,80	1693,03	-1704,83	0	105,61	25,97
1	0,5140	245.143	1.063.690	5.477.932	1778,15	241,77	-1761,64	1930,30	-756,51	1775,88	-1788,20	0,54	105,24	25,87
2	10.300	248.127	1.107.549	5.726.059	1862,38	252,52	-1845,18	2019,42	-786,24	1860,08	-1872,93	1,10	104,87	25,77
3	15.480	251.211	1.151.580	5.977.270	1948,01	263,44	-1930,12	2109,85	-816,00	1945,67	-1959,06	1,69	104,50	25,67
4	20.681	254.379	1.195.787	6.231.649	2035,10	274,54	-2016,49	2201,63	-845,79	2032,69	-2046,62	2,30	104,13	25,56
5	25.903	257.646	1.240.173	6.489.295	2123,68	285,82	-2104,36	2294,81	-875,62	2121,19	-2135,68	2,94	103,76	25,46
6	31.146	261.018	1.284.741	6.750.313	2213,82	297,31	-2193,77	2389,44	-905,50	2211,22	-2226,29	3,60	103,39	25,36
7	36.411	264.488	1.329.495	7.014.801	2305,58	309,01	-2284,78	2485,59	-935,42	2302,85	-2318,49	4,29	103,02	25,25
8	41.699	268.101	1.374.438	7.282.902	2399,01	320,95	-2377,45	2583,30	-965,40	2396,13	-2412,36	5,00	102,65	25,15
9	47.009	271.841	1.419.575	7.554.744	2494,19	333,12	-2471,84	2682,64	-995,44	2491,11	-2507,94	5,74	102,27	25,05
10	52.342	275.687	1.464.909	7.830.430	2591,17	345,56	-2568,03	2783,67	-1025,55	2587,87	-2605,32	6,51	101,90	24,95
11	57.699	279.670	1.510.445	8.110.100	2690,05	358,26	-2666,08	2886,48	-1055,73	2686,48	-2704,56	7,31	101,53	24,84
12	63.081	283.849	1.556.188	8.393.950	2790,88	371,27	-2766,08	2991,12	-1085,99	2787,01	-2805,73	8,14	101,16	24,74
13	68.487	288.143	1.602.142	8.682.093	2893,76	384,58	-2868,09	3097,69	-1116,34	2889,54	-2908,92	8,99	100,79	24,64
14	73.919	292.621	1.648.312	8.974.714	2998,78	398,23	-2972,22	3206,26	-1146,78	2994,16	-3014,21	9,87	100,42	24,54
15	79.377	297.299	1.694.703	9.272.014	3106,02	412,23	-3078,55	3316,93	-1177,33	3100,95	-3121,69	10,78	100,04	24,43
16	84.861	302.117	1.741.322	9.574.130	3215,60	426,61	-3187,18	3429,79	-1207,98	3210,02	-3231,47	11,72	99,67	24,33
17	90.373	307.213	1.788.173	9.881.343	3327,62	441,39	-3298,21	3544,94	-1238,76	3321,46	-3343,64	12,69	99,30	24,23
18	95.913	312.478	1.835.263	10.193.821	3442,19	456,58	-3411,77	3662,51	-1269,67	3435,39	-3458,31	13,69	98,93	24,12
19	101.482	317.995	1.882.598	10.511.816	3559,44	472,25	-3527,97	3782,60	-1300,72	3551,93	-3575,61	14,73	98,55	24,02
20	107.081	323.795	1.930.185	10.835.612	3679,50	488,39	-3646,95	3905,34	-1331,91	3671,20	-3695,67	15,80	98,18	23,92
21	112.710	329.819	1.978.032	11.165.431	3802,52	505,04	-3768,83	4030,87	-1363,28	3793,34	-3818,62	16,90	97,81	23,81
22	118.370	336.189	2.026.146	11.501.620	3928,65	522,26	-3893,78	4159,34	-1394,81	3918,50	-3944,61	18,03	97,43	23,71
23	124.063	342.828	2.074.534	11.844.448	4058,06	540,05	-4021,96	4290,92	-1426,53	4046,85	-4073,81	19,20	97,06	23,61
24	129.789	349.836	2.123.206	12.194.285	4190,93	558,48	-4153,55	4425,76	-1458,46	4178,54	-4206,39	20,40	96,68	23,51
25	135.550	357.238	2.172.171	12.551.522	4327,45	577,58	-4288,73	4564,06	-1490,60	4313,78	-4342,53	21,64	96,31	23,40
26	141.346	364.998	2.221.438	12.916.520	4467,84	597,40	-4427,72	4706,02	-1522,97	4452,77	-4482,45	22,91	95,93	23,30
27	147.178	373.218	2.271.017	13.289.738	4612,33	618,00	-4570,74	4851,86	-1555,59	4595,73	-4626,37	24,22	95,56	23,20
28	153.049	381.915	2.320.920	13.671.653	4761,16	639,42	-4718,03	5001,83	-1588,47	4742,89	-4774,52	25,57	95,18	23,09
29	158.960	391.158	2.371.158	14.062.811	4914,62	661,75	-4869,87	5156,18	-1621,65	4894,53	-4927,19	26,96	94,80	22,99
30	164.911	400.944	2.421.743	14.463.755	5073,01	685,02	-5026,54	5315,21	-1655,13	5050,94	-5084,65	28,39	94,43	22,89

Tabla 13 Tabla de valores para la realización de las gráficas. Elaboración propia.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

31	170.905	411.298	2.472.689	14.875.052	5236,64	709,33	-5188,38	5479,23	-1688,94	5212,43	-5247,22	29,86	94,05	22,78
32	176.942	422.428	2.524.011	15.297.480	5405,90	734,76	-5355,73	5648,59	-1723,11	5379,35	-5415,27	31,37	93,67	22,68
33	183.026	434.271	2.575.723	15.731.752	5581,17	761,39	-5528,99	5823,67	-1757,66	5552,09	-5589,17	32,92	93,30	22,58
34	189.158	446.931	2.627.842	16.178.683	5762,91	789,32	-5708,60	6004,89	-1792,63	5731,08	-5769,36	34,52	92,92	22,47
35	195.339	460.538	2.680.386	16.639.221	5951,59	818,67	-5895,02	6192,74	-1828,05	5916,78	-5956,31	36,16	92,54	22,37
36	201.573	475.134	2.733.374	17.114.355	6147,78	849,56	-6088,80	6387,73	-1863,94	6109,74	-6150,55	37,85	92,16	22,26
37	207.862	490.905	2.786.827	17.605.260	6352,08	882,13	-6290,53	6590,46	-1900,36	6310,53	-6352,67	39,59	91,78	22,16
38	214.208	507.911	2.840.768	18.113.171	6565,18	916,52	-6500,89	6801,58	-1937,35	6519,83	-6563,35	41,38	91,40	22,06
39	220.614	526.364	2.895.222	18.639.535	6787,85	952,93	-6720,62	7021,84	-1974,95	6738,38	-6783,33	43,22	91,02	21,95
40	227.084	546.420	2.950.215	19.185.955	7020,96	991,53	-6950,60	7252,07	-2013,23	6967,02	-7013,46	45,11	90,64	21,85
41	233.621	568.302	3.005.777	19.754.257	7265,51	1032,56	-7191,77	7493,23	-2052,23	7206,72	-7254,70	47,06	90,26	21,75
42	240.228	592.256	3.061.940	20.346.512	7522,64	1076,26	-7445,25	7746,41	-2092,04	7458,57	-7508,16	49,06	89,88	21,64
43	246.911	618.549	3.118.741	20.965.061	7793,64	1122,93	-7712,31	8012,87	-2132,72	7723,83	-7775,09	51,13	89,50	21,54
44	253.673	647.607	3.176.219	21.612.668	8080,01	1172,91	-7994,42	8294,05	-2174,38	8003,96	-8056,95	53,26	89,11	21,43
45	260.520	679.778	3.234.418	22.292.446	8383,50	1226,59	-8293,29	8591,63	-2217,10	8300,64	-8355,45	55,45	88,73	21,33
46	267.457	715.603	3.293.387	23.008.049	8706,16	1284,43	-8610,89	8907,59	-2261,01	8615,86	-8672,56	57,71	88,35	21,23
47	274.492	755.713	3.353.183	23.763.762	9050,39	1346,96	-8949,59	9244,24	-2306,25	8951,94	-9010,62	60,05	87,97	21,12
48	281.631	800.833	3.413.865	24.564.595	9419,04	1414,82	-9312,18	9604,35	-2352,97	9311,66	-9372,41	62,47	87,58	21,02
49	288.883	851.985	3.475.507	25.416.580	9815,56	1488,77	-9702,00	9991,22	-2401,37	9698,35	-9761,28	64,97	87,20	20,91
50	296.257	910.344	3.538.187	26.326.924	10244,09	1569,74	-10123,11	10408,88	-2451,66	10116,04	-10181,25	67,56	86,81	20,81
51	303.765	977.458	3.602.000	27.304.382	10709,74	1658,86	-10580,49	10862,26	-2504,13	10569,67	-10637,29	70,24	86,43	20,71
52	311.418	1.055.320	3.667.053	28.359.702	11218,82	1757,53	-11080,30	11357,46	-2559,11	11065,39	-11135,55	73,02	86,04	20,60
53	319.232	1.146.526	3.733.472	29.506.228	11779,31	1867,48	-11630,33	11902,20	-2617,00	11610,93	-11683,79	75,91	85,66	20,50
54	327.224	1.254.587	3.801.407	30.760.815	12401,39	1990,97	-12240,53	12506,36	-2678,34	12216,20	-12291,93	78,92	85,27	20,39
55	335.416	1.384.338	3.871.035	32.145.154	13098,40	2130,89	-12923,90	13182,86	-2743,78	12894,16	-12972,96	82,06	84,88	20,29
56	343.832	1.542.427	3.942.575	33.687.581	13888,10	2291,08	-13697,82	13948,95	-2814,22	13662,11	-13744,20	85,35	84,49	20,18
57	352.505	1.738.542	4.016.293	35.426.123	14794,89	2476,78	-14586,10	14828,30	-2890,83	14543,78	-14629,44	88,80	84,11	20,08
58	361.474	1.987.087	4.092.525	37.413.210	15853,29	2695,31	-15622,48	15854,50	-2975,28	15572,82	-15662,36	92,44	83,72	19,97
59	370.789	2.310.305	4.171.704	39.723.516	17114,15	2957,35	-16856,69	17077,02	-3069,96	16798,81	-16892,63	96,29	83,33	19,87
60	380.518	2.744.512	4.254.401	42.468.027	18656,19	3279,10	-18365,75	18572,60	-3178,52	18298,59	-18397,20	100,39	82,94	19,76
61	390.753	3.352.637	4.341.401	45.820.664	20609,39	3686,80	-20276,95	20468,09	-3306,87	20199,19	-20303,29	104,79	82,55	19,66
62	401.627	4.253.247	4.433.826	50.073.911	23208,12	4226,29	-22820,07	22992,69	-3465,54	22730,02	-22840,56	109,56	82,16	19,55
63	413.340	5.696.992	4.533.392	55.770.903	26932,14	4987,40	-26466,32	26616,66	-3675,69	26361,63	-26480,17	114,81	81,76	19,45
64	426.231	8.314.424	4.642.964	64.085.327	32984,53	6180,15	-32400,38	32523,18	-3989,57	32277,56	-32406,94	120,72	81,37	19,34
65	440.946	14.266.401	4.768.038	78.351.729	45835,11	8487,41	-45042,44	45130,05	-4598,78	44895,12	-45042,75	127,64	80,98	19,24

Tabla 14 Tabla de valores para la realización de las gráficas. Elaboración propia.

7. DISEÑO ESTRUCTURAL

Sabiendo las medidas de las longitudes de cada pieza calculadas, se les debe dar forma, ya que por ejemplo, una bieleta no puede ser un triángulo debido a que al comprimirse la suspensión, la parte inferior del amortiguador haría tope con la bieleta.

Teniendo esto en cuenta, se debe darle cierta curvatura a los lados a las bieletas.

Asimismo, a la hora de diseñar el tirante, es imprescindible fabricarlo con espacio para alojar los rodamientos de aguja que van montados en la circunferencia interior de cada extremo.

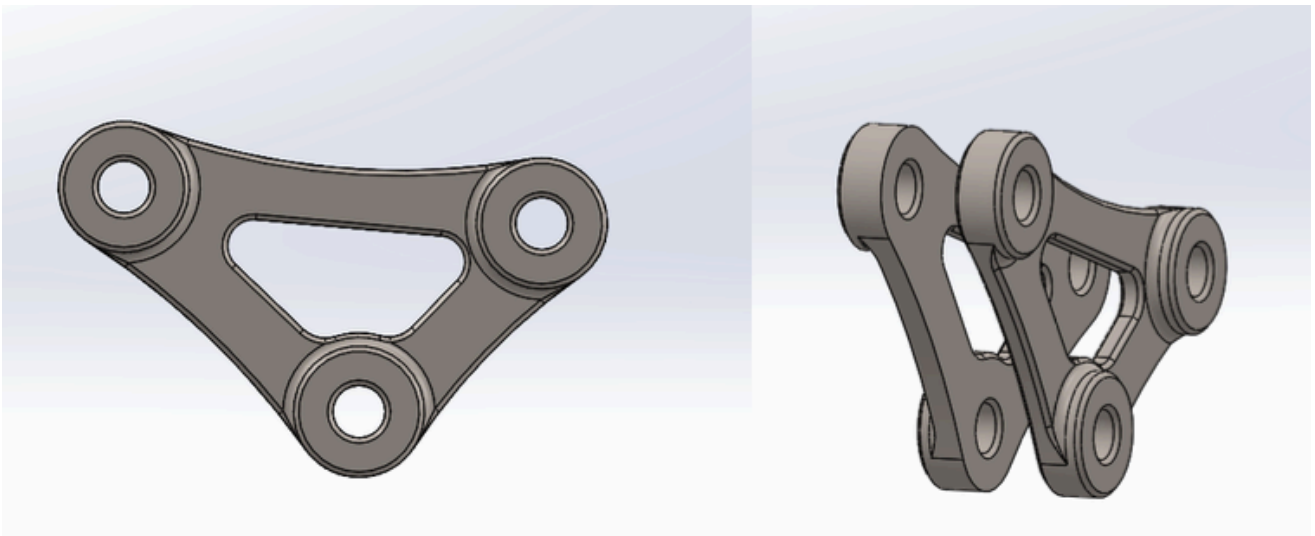


Ilustración 59 Diseño de las bieletas. Elaboración propia.

Como se observa, es un diseño con un agujero en el interior para rebajar peso, y con salientes en cada uno de los puntos de anclaje, para la colocación de arandelas antifricción en su exterior. En el siguiente apartado se explicará el porque de estas arandelas.

Como en el interior no es necesario colocarlas, se mantiene completamente liso el lado entero, de manera que la fabricación será más económica.

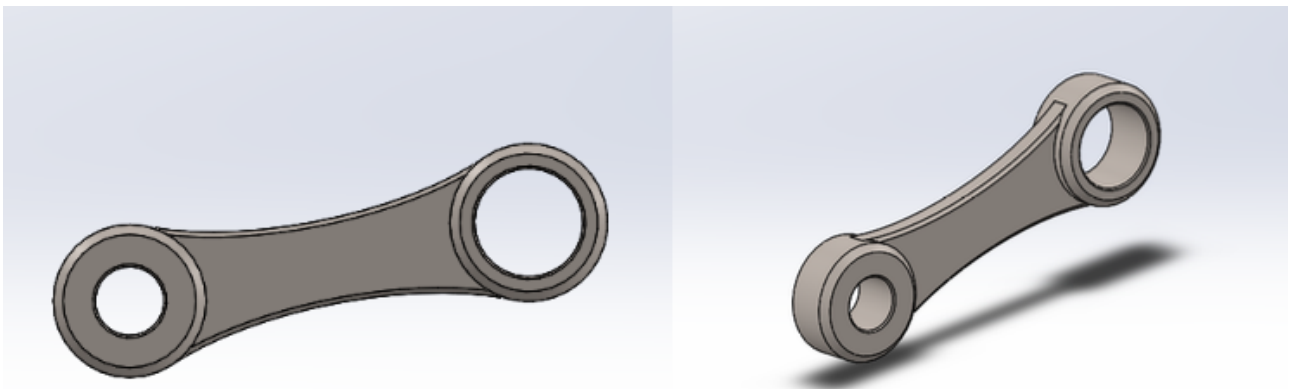


Ilustración 60 Diseño del tirante. Elaboración propia.

En el caso del tirante se realizan los agujeros de mayor tamaño para poder alojar los rodamientos en su interior.

En este caso, no es posible reducir el peso del tirante mecanizando un agujero en el centro del interior de la unión, ya que debilitaría demasiado la pieza y podría no soportar las fuerzas.

La diferencia de diámetros, es debido a que la parte con mayor agujero será la parte unida al eje del basculante, que será de mayor diámetro para poder soportar sin problemas las tensiones. El otro extremo, tendrá el mismo tamaño que los agujeros de la bieleta.

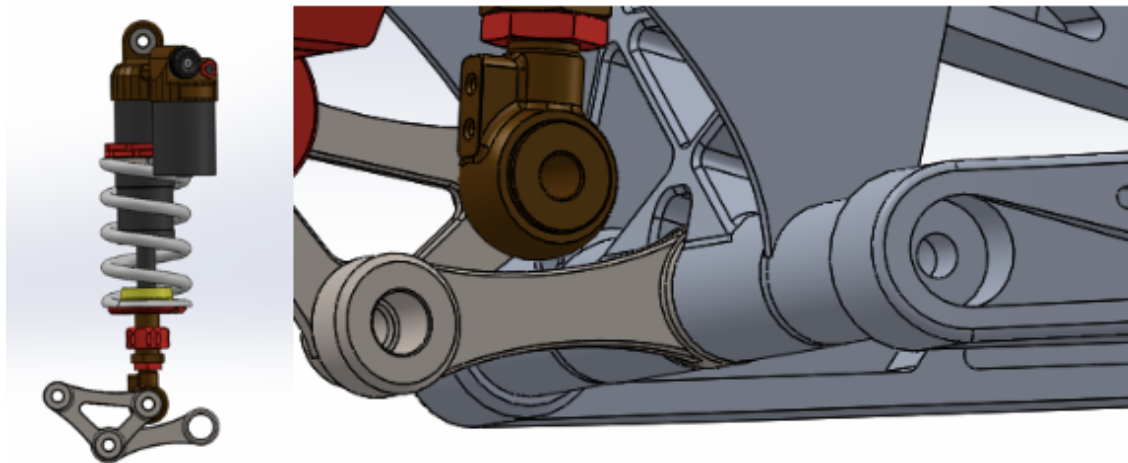


Ilustración 61 Anclaje del tirante al basculante. Elaboración propia.

7.1. ELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Una vez realizados los cálculos del diseño y comprobado que son válidos, es necesario complementar el diseño con ciertas piezas para su correcto montaje y funcionamiento.

Considerando que las bieletas y el tirante no van a soportar esfuerzos axiales, solamente cortantes, se decide que para conseguir su óptimo funcionamiento, se alojarán rodamientos de jaula de aguja.

Para ello, nos pusimos en contacto con la empresa SKF dedicada a la producción y distribución de rodamientos.

Se les propuso ayudar en el proyecto suministrándonos los rodamientos necesarios para el montaje de la moto de forma gratuita, a lo que accedieron.

Por ello, se revisó el catálogo en busca de los rodamientos necesarios, teniendo en cuenta las fuerzas que van a soportar, tanto las bieletas, como el tirante, y en consecuencia, también las soportarán ellos. Alojaremos rodamientos en la unión del tirante con el basculante y en la orejeta que une el sistema de suspensión al chasis, de esta forma, no será necesario colocarlos en las bieletas.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Los rodamientos elegidos son rodamiento de casquillos de aguja HK 1616, a continuación se pueden leer las especificaciones.



HK 1616

Casquillos de agujas
- Producto popular

DÓNDE COMPRAR



DIMENSIONES

F _w	16 mm	Diámetro debajo de los rodillos
D	22 mm	Diámetro exterior
C	16 mm	Ancho
r	min. 0.8 mm	Dimensión del chaflán del casquillo (aro exterior)

DATOS DEL CÁLCULO

C	10.5 kN	Capacidad de carga dinámica básica
C ₀	15.6 kN	Capacidad de carga estática básica
P ₀	1.8 kN	Carga límite de fatiga
	14 000 r/min	Velocidad de referencia
	16 000 r/min	Velocidad límite

MASA

Modelo CAD



Ilustración 62 Rodamientos seleccionados para el tirante y la orejeta. Recuperado de [9]

7.2. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN

Como es de esperar, todos los pasos tomados, se iban realizando e introduciendo en el diseño 3D, para cerciorarnos de que una vez fabricadas las piezas, estas iban a encajar en el sitio calculado y su funcionamiento iba a ser el correcto.

A continuación se mostrará y explicará el montaje del sistema de suspensión trasera.

Primero, se anclará la parte superior del amortiguador al chasis:

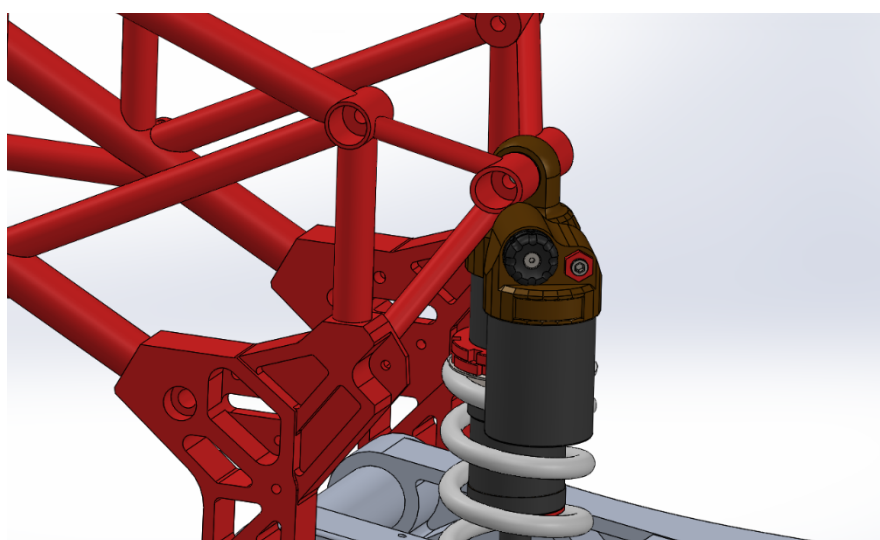


Ilustración 63 Anclaje superior del amortiguador al chasis. Elaboración propia.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Se pasará un tornillo y se enroscará con una tuerca autoblocante.

Por otro lado, se colocarán los rodamientos de jaula de aguja en el tirante y este, se unirá al chasis. La unión se realizará a través de un eje roscado en cada extremo, de tal forma que se colará una tuerca autoblocante en cada uno de los lados. En el medio del basculante (lugar donde se sitúa este eje) se insertará el tirante (antes de pasar el eje, claro esta):

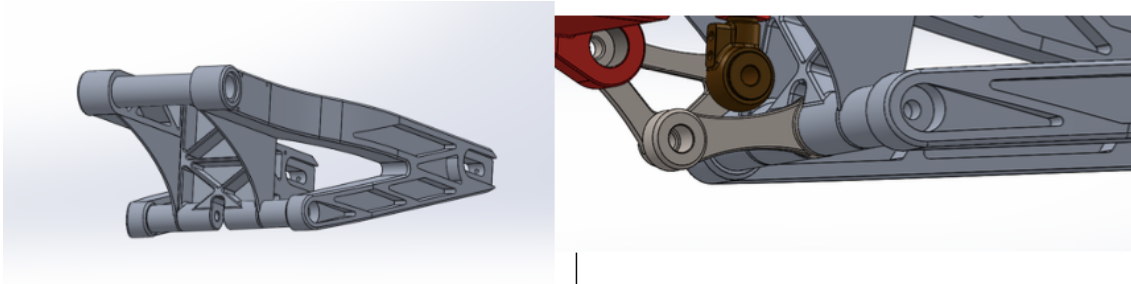


Ilustración 64 Anclaje del tirante al basculante. Elaboración propia.

Una vez, situado el tirante, se colocará en la orejeta el rodamiento restante, y a continuación, se montarán las bieletas.

Para montar las bieletas se diseñó un pasador con los extremos roscados. Inicialmente, se montó con esta pieza, sin embargo, cuando soportó esfuerzo se partió en el cambio de sección, teniendo que buscar una solución.



Ilustración 65 Pasador diseñado para las bieletas, sustituido debido a una rotura. Elaboración propia.

Como solución se decidió mecanizar casquillos del mismo diámetro exterior que la parte central del pasador mecanizado, y de igual longitud. Para sustituir las roscas, se utilizó eligieron tornillos de métrica 10 y calidad 8.8.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Además, es necesario colocar arandelas en el exterior, para que al apretar el tornillo, este no se quede fijo contra la bieleta, ya que de esta forma, el rodamiento no trabajaría y la suspensión se quedaría rígida.

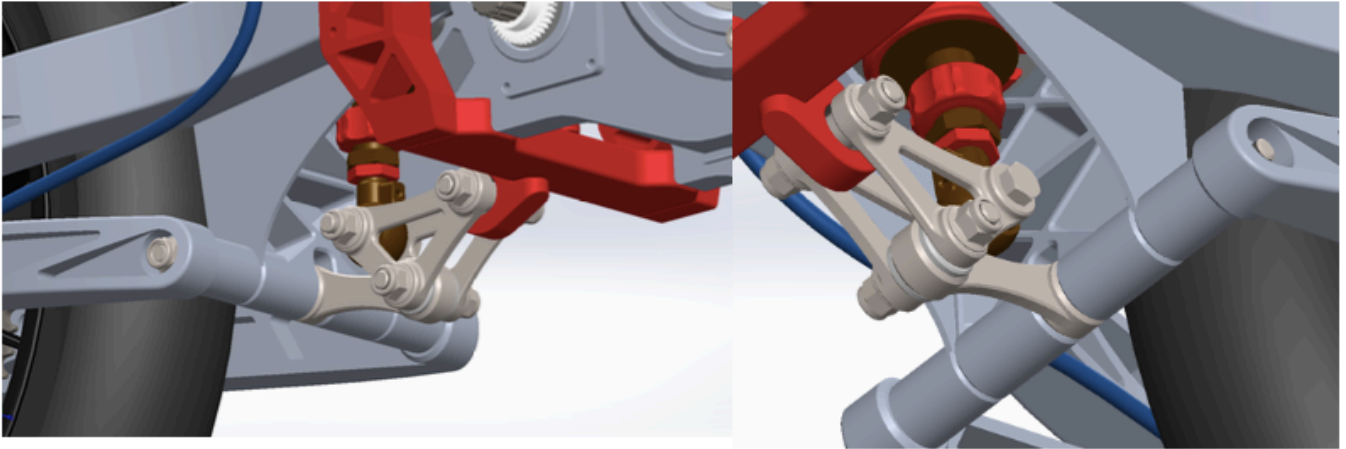


Ilustración 66 Ensamblaje de la parte inferior del sistema. Arandela, pasador, bieletas y tirante. Elaboración propia.

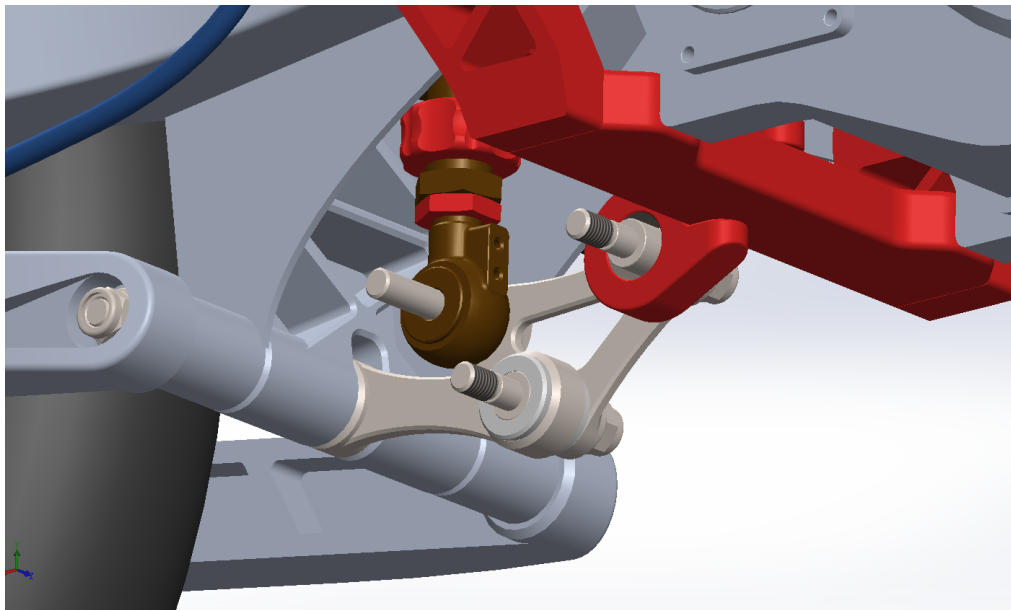


Ilustración 67 Ensamblaje final del sistema. Elaboración propia.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

A continuación se muestra, el ensamblaje final de la suspensión sobre le chasis y tren trasero.

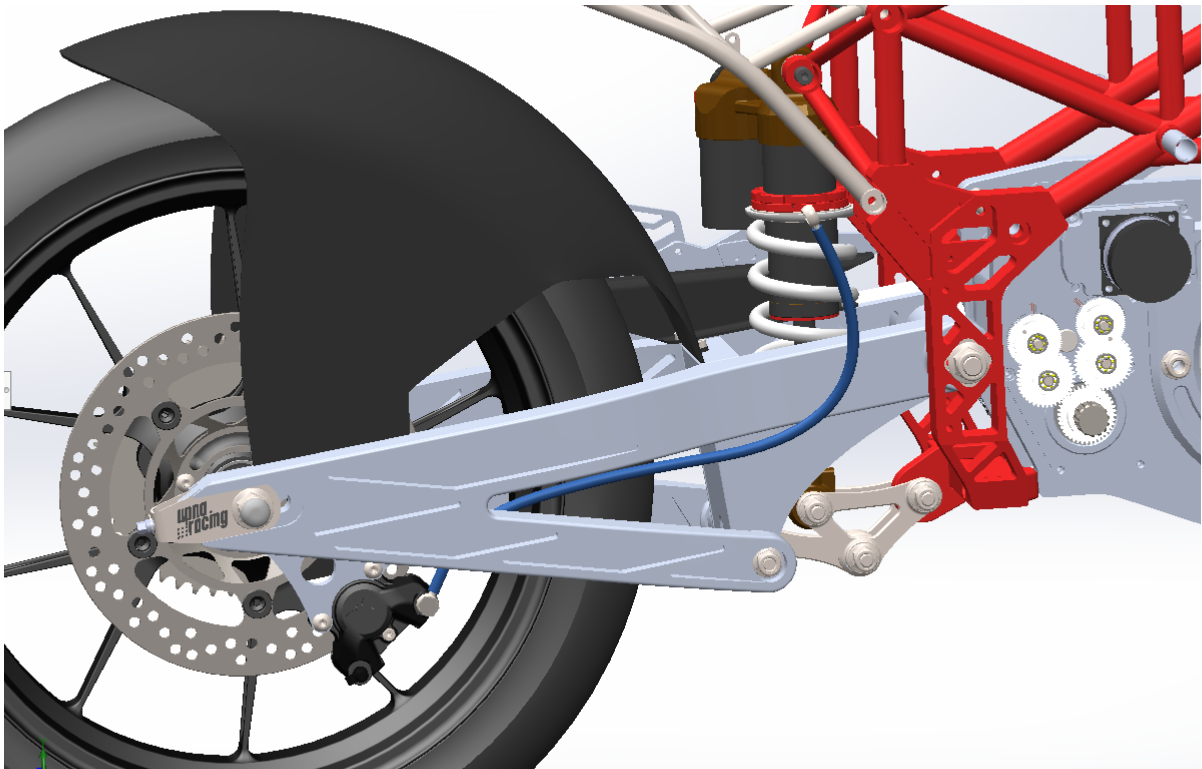


Ilustración 68 Ensamblaje del sistema. Elaboración propia.

8. ANALISIS ELEMENTOS FINITOS

En un inicio se iban a efectuar las simulaciones en el programa Marc Mentat, pero debido a diferentes complejidades y consultando a diferentes profesores, se optó por hacerlas en el workbench del programa Ansys.

Gracias a las simulaciones realizadas en el programa Tony foale kynematics, calculamos las fuerzas que van a sufrir los elementos que forman la suspensión, como hemos visto en el capítulo del desarrollo de la suspensión.

Con esas fuerzas calculadas y la simulación mediante elementos finitos, se decidirá el material más adecuado para la realización de las piezas.

Para realizar la simulación lo primero que se hizo fue el diseño de una malla para el conjunto de las piezas. Esta malla tendrá un tamaño de elementos de 0,5 obteniendo en su realización 622857 nodos.

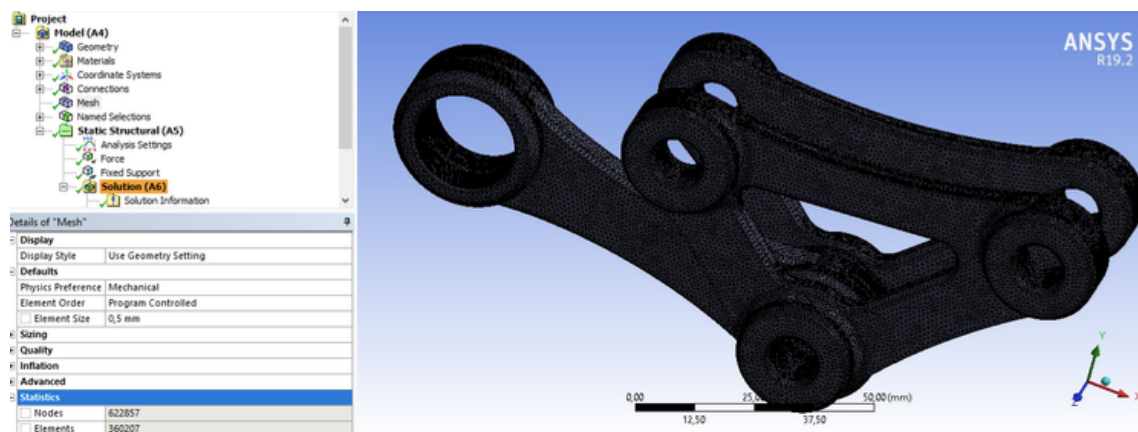


Ilustración 70 Malla utilizada para la simulación. Elaboración propia.

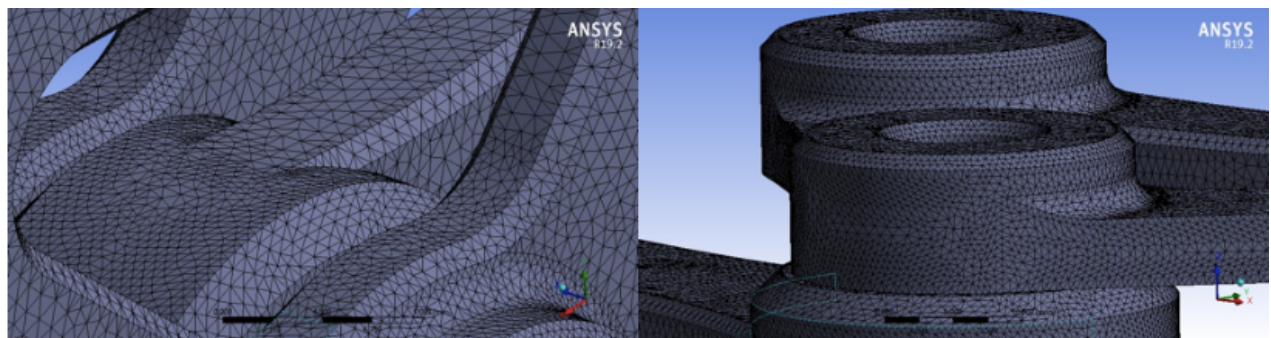


Ilustración 69 Vista detallada de zonas del mallado. Elaboración propia.

Una vez obtenida la malla, se supone que la suspensión está en la posición de máxima compresión, es decir, las bieletas y el tirante sufren las fuerzas calculadas en el otro programa.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Para aplicar esas fuerzas y simular que estamos en máxima compresión se deben fijar algunos de los elementos (ya que no se deberían mover más). Para ello, se somete al anclaje de la parte inferior del amortiguador a un “fixed support”, simulando que esta en su posición final como hemos dicho. Además, se condicionan el resto de agujeros para que puedan rotar respecto del suelo y respecto de las demás piezas. En el caso de las bieletas rotarán respecto del suelo, y en el caso del tirante, además de rotar respecto del suelo, también rotará respecto de las bieletas.

La fuerza aplicada en la simulación será la sufrida por el tirante, calculada anteriormente. Se podría aplicar cualquiera de las calculadas, pero en este caso se eligió esa debido a una mayor simplicidad.

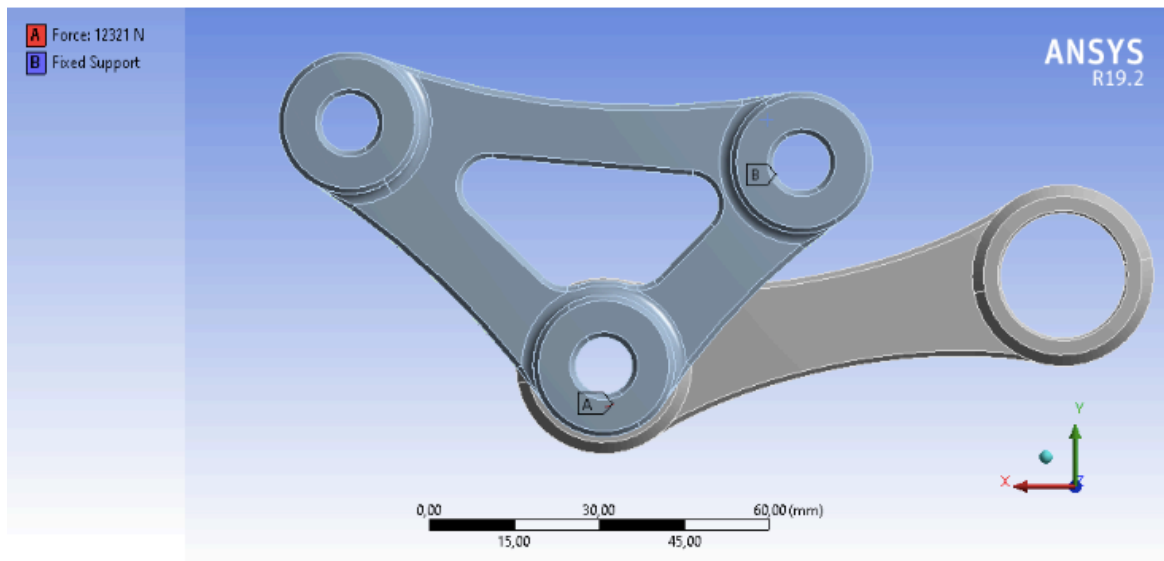


Ilustración 72 Fuerza aplicada, y fixed support. Elaboración propia

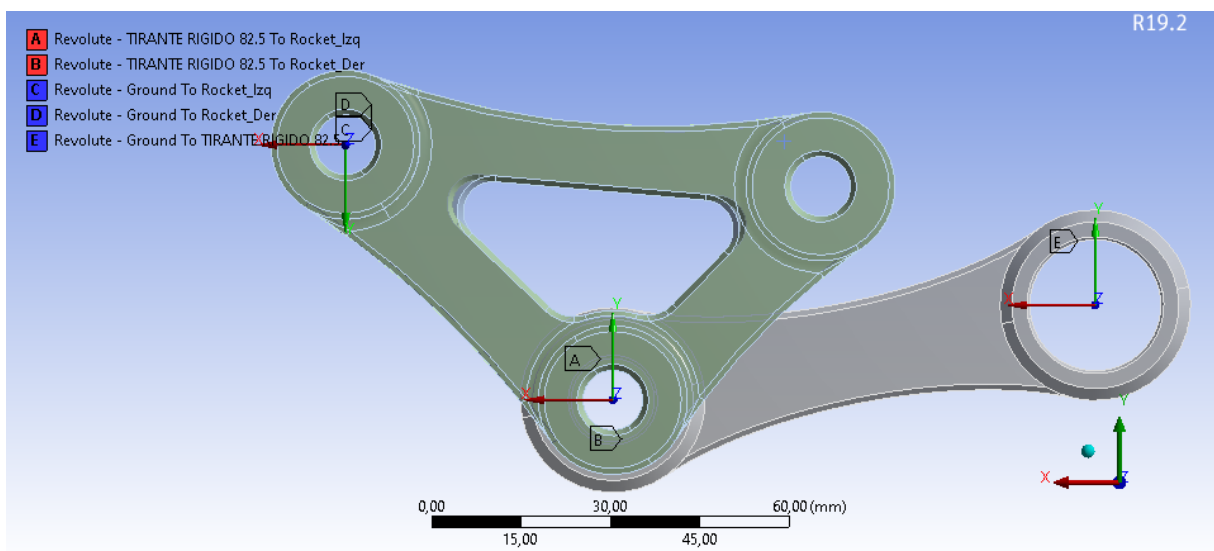


Ilustración 71 Rotaciones aplicadas a los elementos. Elaboración propia.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Definidas estas características es necesario elegir un material con el que realizar la simulación, de lo contrario, no sabríamos que límites tienen las piezas.

Se eligió un acero estándar en el que basarse con las siguientes propiedades:

Common Material Properties	
Density	7,85e-06 kg/mm ³
Young's Modulus	2e+05 MPa
Thermal Conductivity	0,060500 W/mm.°C
Specific Heat	4,34e+05 mJ/kg.°C
Tensile Yield Strength	250,00 MPa
Tensile Ultimate Strength	460,00 MPa
Nonlinear Behavior	False
Full Details	Click To View Full Details
Statistics	
Assigned Bodies	3

Ilustración 73 Propiedades del material elegido para la simulación. Elaboración propia.

Con todo esto definido, se realizan las simulaciones para encontrar las tensiones máximas que soportarán las piezas.

En primer lugar, el tirante soportará un esfuerzo máximo de 40 Mega Pascales. A pesar de que el máximo marcado por el programa sea superior, este no es real, ya que se produce en el punto de aplicación de la fuerza, y por tanto lo podemos ignorar.

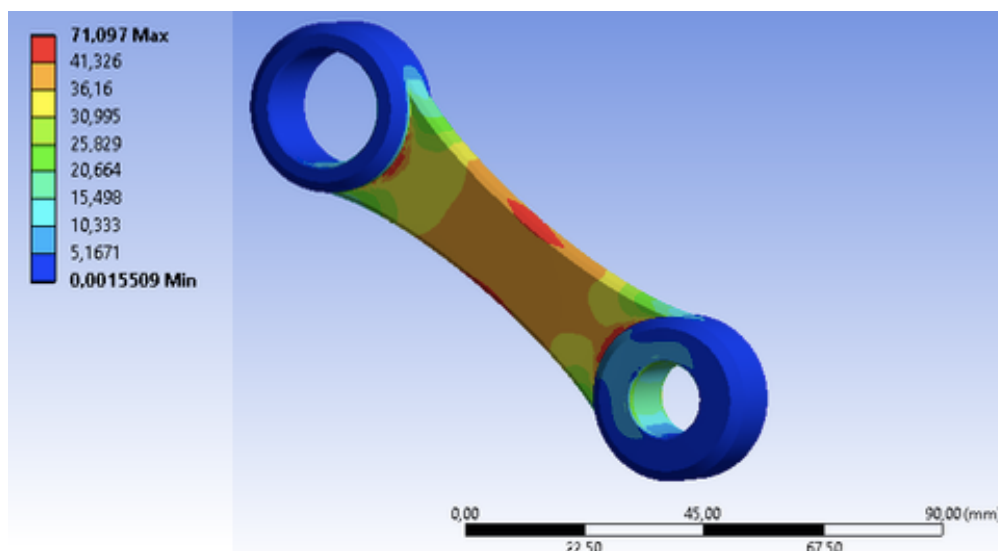


Ilustración 74 Tensiones soportadas por el tirante. Elaboración propia.

El lugar donde se generará la tensión máxima real, es el coloreado en rojo en el centro de la unión de los dos extremos del tirante.

Con un acero similar al supuesto, conseguiremos las propiedades necesarias en la pieza para que esta no se parta.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Seguidamente, realizaremos la simulación para obtener las tensiones ejercidas por la fuerza a la que esta sometida la bieleta.

Estas soportarán una tensión máxima de 126 Mega Pascales, y al igual que en el caso del tirante, cabe decir, que la tensión máxima definida en el programa no es real, ya que se produce en un radio de acuerdo demasiado pequeño como para que el programa lo asuma.

Debido a esto, nos centramos en la parte que más tensión soporta para hallar la tensión máxima.

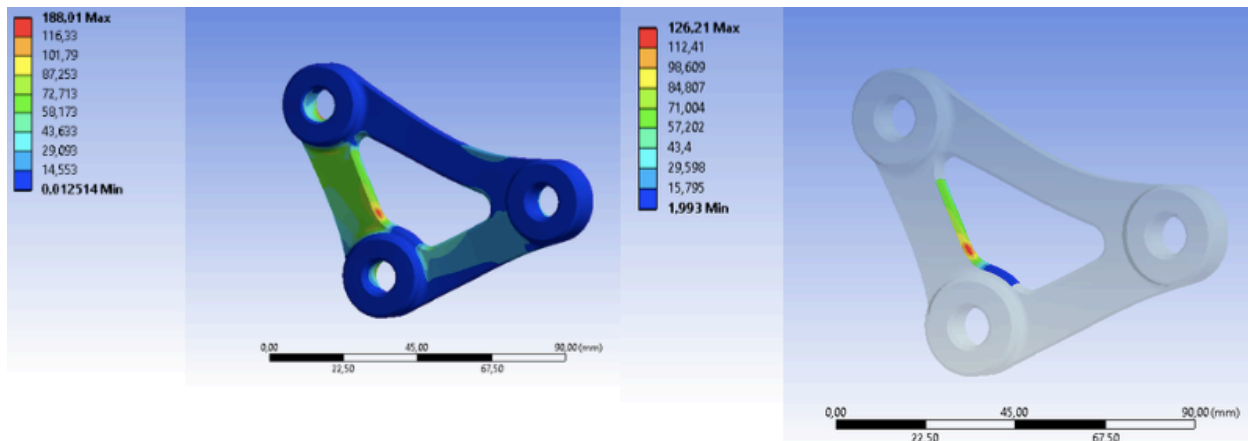


Ilustración 75 Concentración de tensiones en las bieletas. Elaboración propia

Por último realizamos el ensayo sobre el conjunto formado por las piezas.

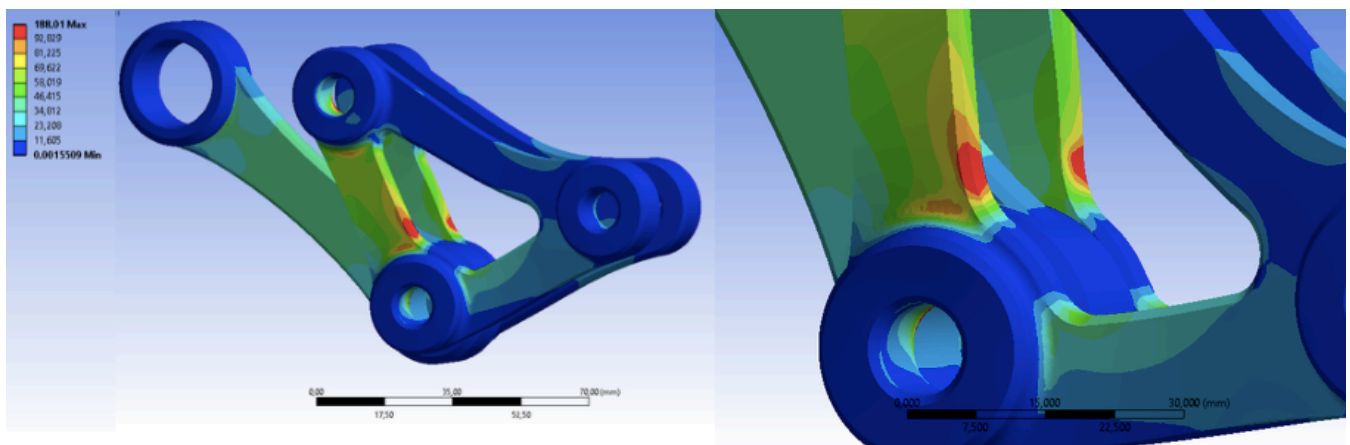


Ilustración 76 Ensayo de tensiones del conjunto. Elaboración propia.

Se observa que la parte que más sufre esta situada en las bieletas, por tanto, el máximo de la concentración de tensiones será el sufrido por las bieletas, es decir, 126 MPa.

Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

Además, se realizó la valoración del desplazamiento máximo sufrido por el conjunto bieleta-tirante. Esta deformación es elástica no plástica debido a que no se ha superado el modulo de Young, es decir, la pieza volverá a su estado inicial a pesar de sufrir puntualmente deformaciones.

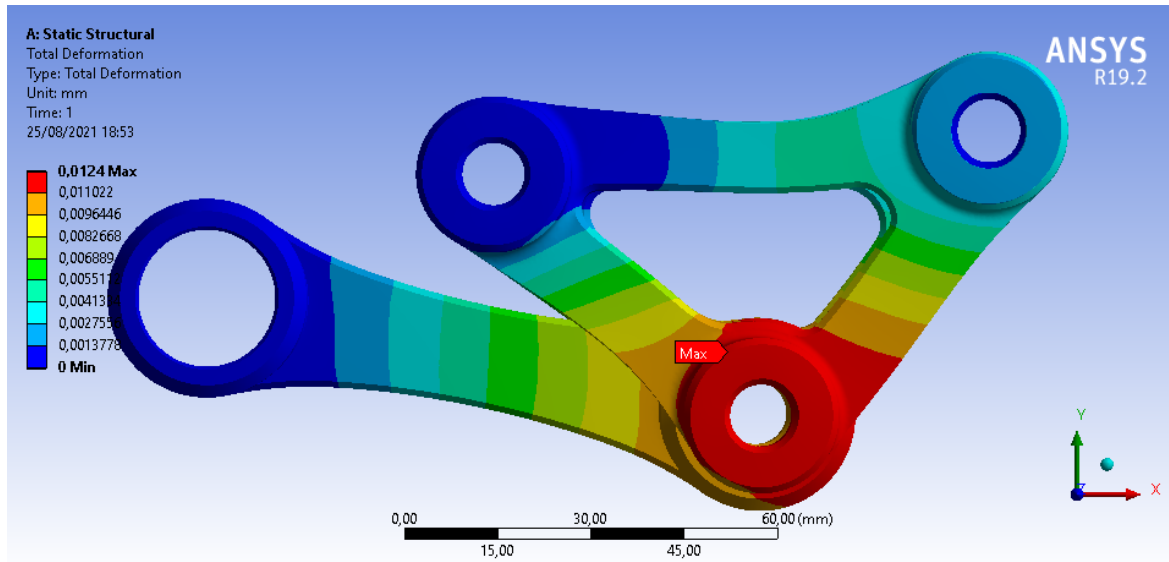


Ilustración 77 Desplazamiento máximo sufrido por el conjunto. Elaboración propia.

Como se observa, el desplazamiento máximo sufrido por el conjunto es de 0,01 milímetro de deformación.

8.1. ELECCION DEL MATERIAL

Después de haber realizado las simulaciones con un acero de “serie” preguntamos a talleres Atondoa (nuestro fabricante) que material de estas características nos aconsejaba.

En un inicio, se sopesó fabricar las piezas de aluminio y posteriormente someterlas a un tratamiento, pero ni las simulaciones ni el fabricante nos garantizaban con seguridad la integridad de las piezas una vez fabricadas.

Además de que económicamente era peor opción, la única ventaja que encontramos respecto al acero era la reducción de peso en las piezas, que igualmente en unas piezas de tamaño reducido como estas, no era tan relevante.

Guiados por nuestros fabricantes, y dado que su proveedor les hacía rebaja en el precio del acero 7075(acero aleado con aluminio y zinc), escogimos ese, ya que además de económico, supera con creces todos los límites que necesitamos para la fabricación de nuestras piezas.

9. SITUACIÓN REAL

Después del diseño y la fabricación de las piezas, se realizó el montaje. Las piezas encajaban a la perfección como se había planeado, sin holguras ni desajustes.

Como se explica anteriormente, un exceso de par de apriete hizo que los pasadores diseñados y fabricados para las bieletas a medida, se partieran y tuviéramos que fabricar y comprar los casquillos y tornillos para sustituirlos.

Después de realizar el cambio, se hizo una prueba de carga en Naitec para comprobar su funcionamiento.

La prueba se completó correctamente sin dañar ninguna pieza de la suspensión.

No obstante, una cosa es pasar la prueba de carga y otra el comportamiento de la suspensión con la moto en marcha.

Al probar la moto el piloto, notamos que el recorrido era demasiado bajo, es decir, una elevada rigidez en la suspensión.

Para solucionarlo, se realizaron más diseños con diferentes geometrías e incluso se planteó invertir la estructura, el tirante unido al chasis y la bielea al basculante, en vez de la actual. Lamentablemente, el plazo para la fabricación de estas nuevas piezas era imposible de asumir para nuestro patrocinador por lo que se desechó esta idea.

Como la solución planteada no era viable, nos centramos en modificar características de la actual, llegando a la conclusión de que un muelle con una constante inferior nos ayudaría a solucionar este problema.

Por consiguiente, se compró un muelle de $k = 70 \text{ N/mm}$ para sustituir por el montado primeramente con $k = 85 \text{ N/mm}$.

La elección de este muelle se hizo después de realizar estudios con diferentes muelles en el programa de simulación de Tony Foale, como anteriormente.

Una vez sustituido mejoró el funcionamiento de la suspensión y se redujo esa "rigidez" que teníamos con la configuración inicial, de manera que el funcionamiento era mejor.

10. PRESUPUESTO

Para el diseño y fabricación de la suspensión se intentó buscar empresas que aceptasen patrocinar al equipo y así, minimizar los gastos. En alguna ocasión conseguimos descuentos en los productos y en otras la empresa nos proporcionó el producto directamente de forma gratuita.

Todas las empresas que patrocinaban al equipo están reflejadas con su logo en el carenado de la moto.

A continuación el desglose de gastos:

PIEZA	CANTIDAD	FABRICANTE	PRECIO UNITARIO (€)	DESCUENTO	PRECIO TOTAL (€)
AMORTIGUADOR	1	MUPO	1085,8	50%	542,9
TIRANTE(LINK)	1	ATONDOA	76	(INCLUIDO)	76
BIELETA (ROCKER)	2	ATONDOA	124	(INCLUIDO)	248
PASADORES	2	ATONDOA	28,9	(INCLUIDO)	57,8
CASQUILLOS	2	ATONDOA	20,4	(INCLUIDO)	40,8
ARANDELAS DE NYLON	4	ATONDOA	10	(INCLUIDO)	40
RODAMIENTOS	3	SKF	10,42	100%	0
TORNILLOS	3	IRIGARAY	6	40%	10,8
MUELLE RECAMBIO	1	MUPO	140	50%	70
TOTAL					1086,3

Tabla 15 Presupuesto destinado a la suspensión trasera. Elaboración propia

11. CONCLUSIÓN

Este proyecto ha sido un gran reto para todo el equipo, ya que empezar un proyecto desde cero, sin datos en los que bastarte, ni personas a quién preguntar, supone un proceso largo y arduo de trabajo.

El objetivo de este proyecto en cuestión es el diseño y fabricación de una de las partes del prototipo a diseñar por todo el equipo como es la suspensión trasera. En el proceso del diseño se ha puesto en práctica distintos conocimientos adquiridos durante el grado, desde realizar estudios de fuerza, hasta diseñar las distintas geometrías hasta dar con la adecuada.

Para dar con el diseño final, se han necesitado varias pruebas y multitud de horas de recopilación de información en la que basarse para conseguir un rendimiento óptimo de la suspensión.

Por otro lado, además de la información recopilada en la que basar el diseño hasta conseguir el adecuado, ha sido necesaria la búsqueda y compra de programas especializados en este tipo de proyectos que nos facilitasen el proceso. Estos programas han sido un pieza clave en la elaboración del proyecto, debido a que conseguir los mismos resultados con los programas utilizados durante el grado de Ingeniería hubiera sido más complejo.

A la hora de realizar el proyecto, comenzamos con un estudio para ver cómo debería ser el comportamiento de la suspensión trasera, basándonos en información de motocicleta de competición fabricadas por empresas profesionales. Buscamos la geometría que nos diese el comportamiento deseado y que no diese problemas de fabricación, teniendo como referencia clave el espacio disponible que nuestros compañeros que se encargaban del diseño del basculante y chasis habían dejado.

Luego realizamos un ensayo comparativo buscando optimizar la geometría de las bieletas y tirante en función del comportamiento de cada uno en diferentes ensayos.

Por último un análisis detallado de elementos finitos nos permitió estudiar aquellas zonas donde aparecían concentraciones de tensión.

Igualmente, una vez fabricadas las piezas, se observó si el funcionamiento era correcto, o si por el contrario (como fue el caso) era necesario buscar soluciones para cambiar el comportamiento y conseguir el más apropiado.

Asimismo, además de realizar trabajos técnicos como diseños, cálculos de fuerza, cálculos en elementos finitos, etc. ha sido necesario buscar soluciones económicas, es decir, para reducir el coste de la fabricación de los componentes se negoció con diferentes empresas.

Esto no es una tarea de aplicación de conocimientos adquiridos en el grado, pero sin duda, es una de las más valiosas de cara al futuro laboral.

En definitiva, la valoración del proyecto es muy positiva, ya que a pesar de invertir muchas horas en él, es realmente enriquecedor ver fabricado y en funcionamiento algo que ha sido diseñado por uno mismo y por los demás integrantes del equipo, como es el prototipo.

12. LA COMPETICIÓN

Finalmente llego el gran día, después de aplazar la carrera varias veces por culpa del Covid, el 14 de julio del 2021 comenzó la competición.

Como estaba establecido, el primer requisito para poder competir en la carrera era pasar todas las verificaciones. Una vez pasadas las pruebas, comenzabas a poner a punto la moto para ese circuito. Cada circuito es muy diferente, y aunque habíamos realizado pruebas en el circuito de Navarra, era necesario realizar cambios en las configuraciones debido a las diferencias del circuito.

Durante la competición fueron ocurriendo diferentes problemas, que con el trabajo de todo el equipo y el afán de ayuda de los equipos mejor posicionados, fuimos capaces de solventar y por lo menos, salir a la pista.

Las pruebas de aceleración, frenada y gymkhana se completaron sin grandes problemas, de hecho, en una de las mangas se consiguió el tercer mejor puesto en la prueba de la gymkhana.

Sin embargo, en el momento de la clasificación, y a pesar de haber conseguido la mejor puesta a punto posible para nuestra moto, un fallo eléctrico hizo que la moto se parase en plena vuelta no obteniendo el tiempo mínimo posible para disputar la carrera.

A fin de cuentas, y hablando con otros participantes, nos podemos volver contentos a casa de casi haberlo conseguido sin base alguna, es decir, siendo el primer equipo de la Universidad de Navarra que diseña y construye una moto eléctrica.

Sin duda, el mejor recuerdo es el ambiente vivido en esos días de competición, tanto con el equipo, como con los demás participantes... ¡Una experiencia inolvidable!

13. BIBLIOGRAFIA

- [1]... <http://www.motostudent.com/rules.html>
- [2]... <https://motochassis.com/product/motorcycle-setup-software/> (los documentos en concreto no se pueden adjuntar ya que son de pago)
- [3]... <https://docplayer.es/48582722-Construccion-de-una-maquina-para-medir-las-caracteristicas-de-los-muelles.html>
- [4]... <http://www.ktmSpain.es/index.php?topic=3649.30>
- [5]... <https://accutuneoffroad.com/when-are-tender-coils-ok-to-use/>
- [6]... <https://www.motoradn.com/2020/02/21/que-es-el-dispositivo-holeshot-de-las-motogp/>
- [7]... <https://www.tiroriro.com/que-es-el-holeshot-de-motogp/>
- [8]... <https://www.mupo.it/prodotti/>
- [9]... <https://www.skf.com/es/products/rolling-bearings/roller-bearings/needle-roller-bearings/drawn-cup-needle-roller-bearings/productid-HK%201616>

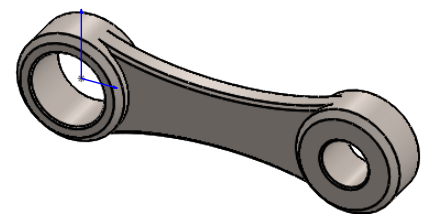
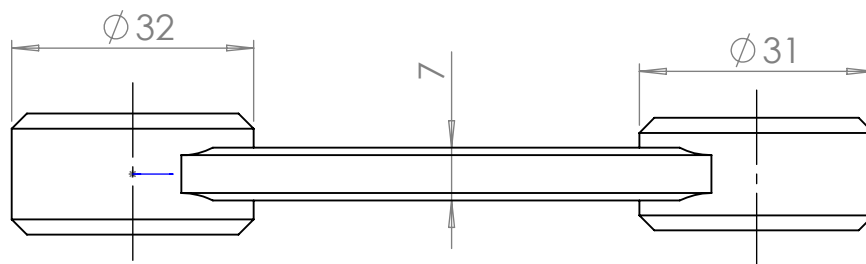
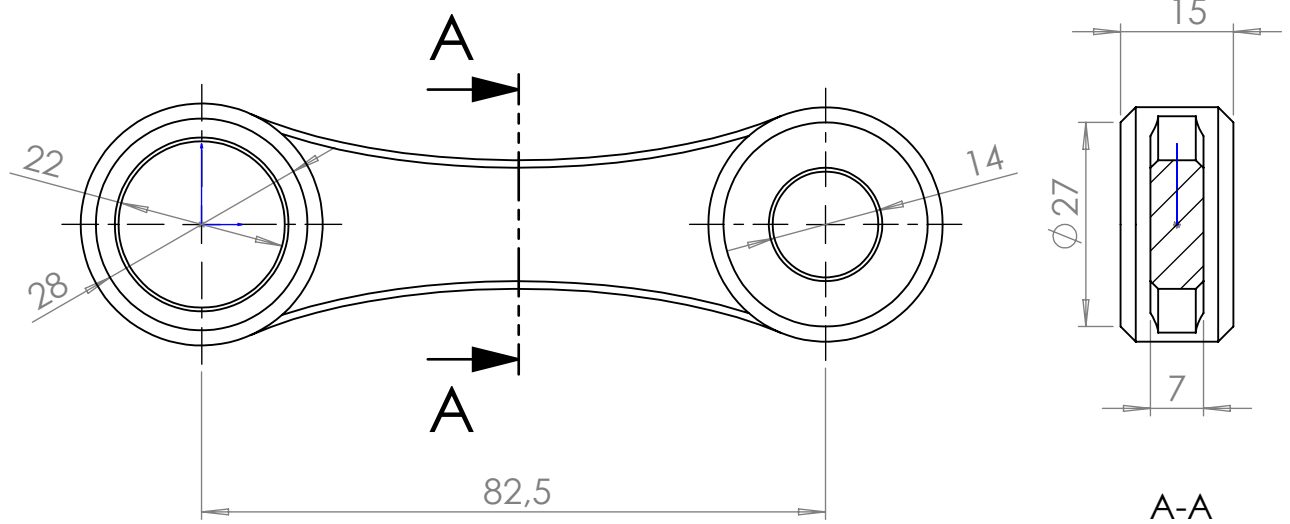
ANEXOS


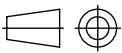
Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.

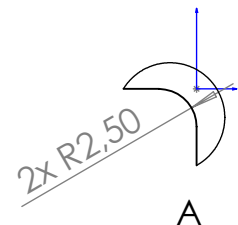
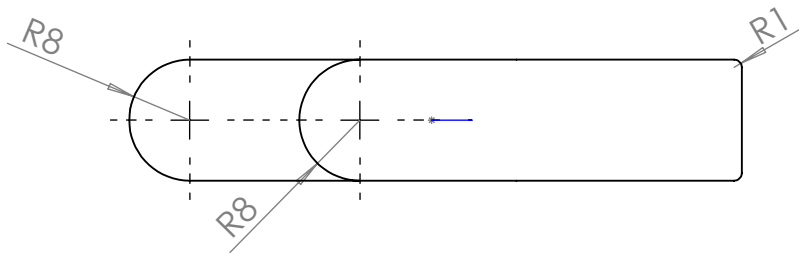
ÍNDICE

- 1- Plano tirante
- 2- Plano orejeta anclaje
- 3- Plano bieleta
- 4- Plano pasador
- 5- Reglamento Moto Student
- 6- Diploma de la competición

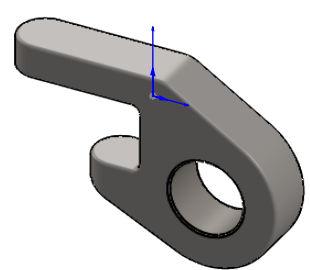
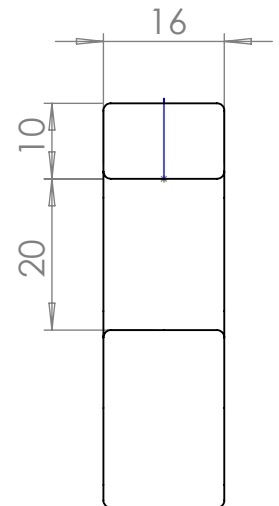
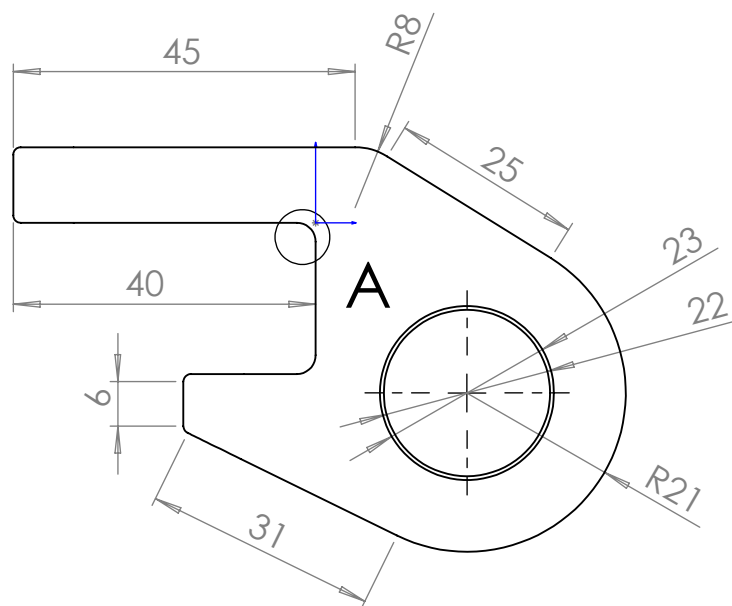
Diseño y cálculo estructural del sistema de amortiguación de una moto eléctrica de competición.


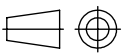


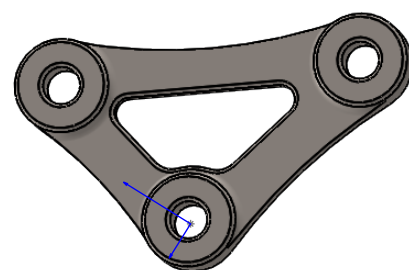
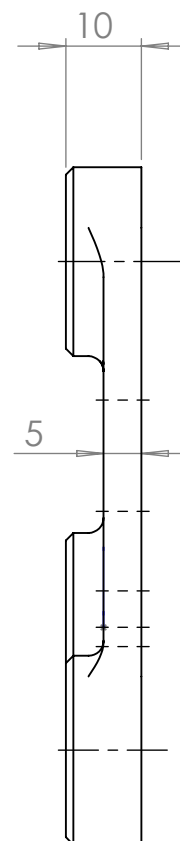
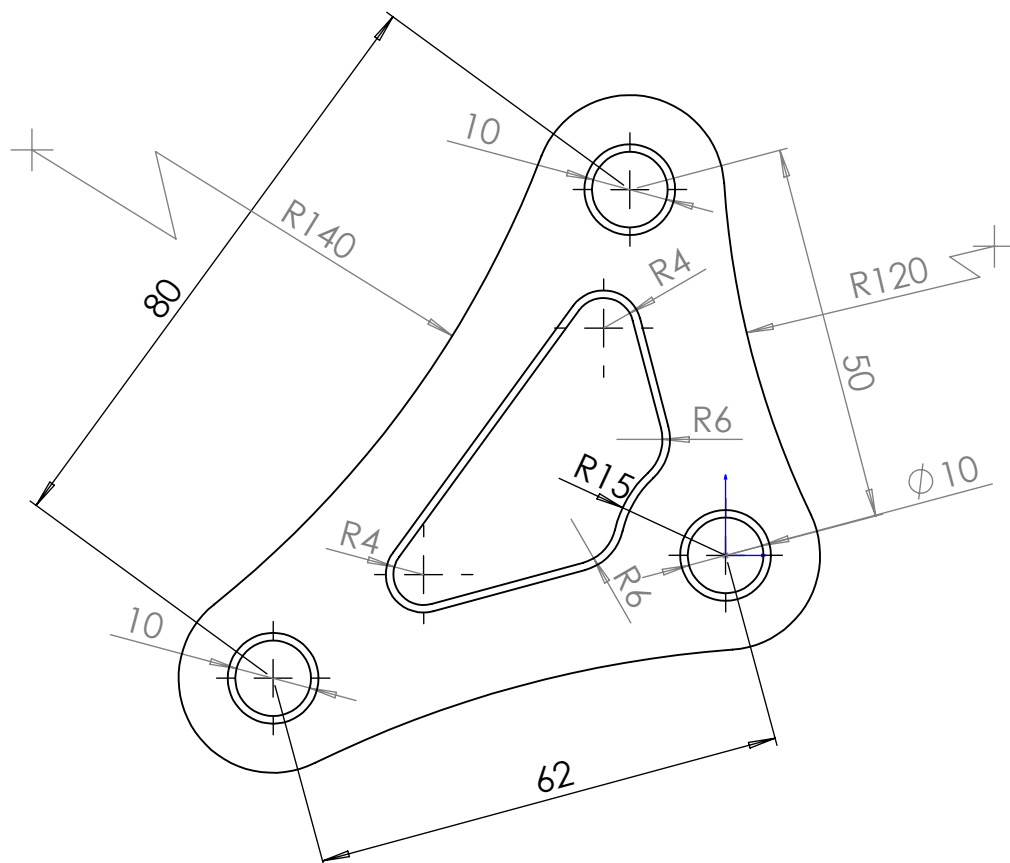
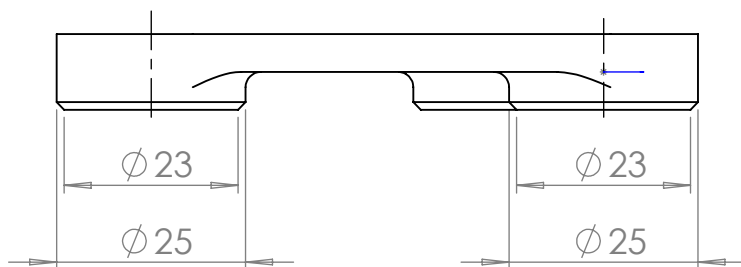
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	MotoStudent 2019-2020	ESPECIFICACIONES GENERALES		
DIBUJADO	10/05/2021	I. Lizarralde	DENOMINACIÓN	TIRANTE	TOLERANCIAS	ISO 2768mK	
APROBADO	30/05/2021	R. Barrio	MATERIAL	ACERO 7075	ACABADOS SUPERFICIALES	N9	
UPNA RACING			PROCESO DE FABRICACIÓN	Mecanizado	MATAR ARISTAS	0.5x45°	
E.T.S.I.I.T.			PESO	170.78 gramos	UNIDADES	mm	
			PLANO Nº	P-01		A4	ESCALA 1:1





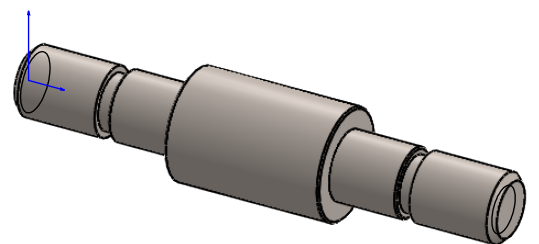
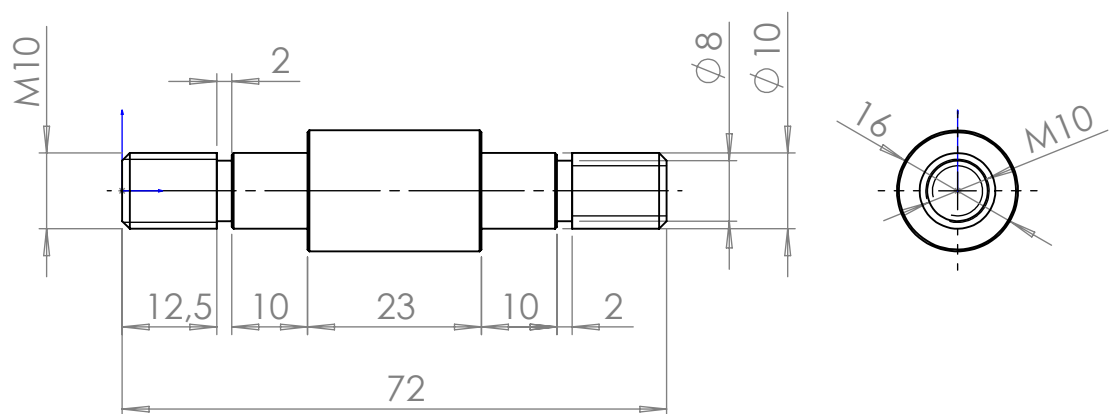
ESCALA 2 : 1


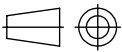


	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	MotoStudent 2019-2020	ESPECIFICACIONES GENERALES		
DIBUJADO	10/05/2021	I. Lizarralde	DENOMINACIÓN	OREJETA ANCLAJE CHASIS	TOLERANCIAS	ISO 2768mK	
APROBADO	30/05/2021	R. Barrio	MATERIAL	ACERO 7075	ACABADOS SUPERFICIALES	N9	
UPNA RACING			PROCESO DE FABRICACIÓN	Mecanizado	MATAR ARISTAS	0.5x45°	
E.T.S.I.I.T.			PESO	217 gramos	UNIDADES	mm	
			PLANO Nº	P-01		A4	ESCALA 1:1



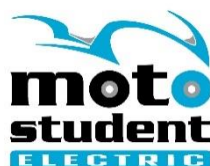
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	MotoStudent 2019-2020	ESPECIFICACIONES GENERALES		
DIBUJADO	10/05/2021	I. Lizarralde	DENOMINACIÓN	BIELETA	TOLERANCIAS	ISO 2768mK	
APROBADO	30/05/2021	R. Barrio	MATERIAL	ACERO 7075	ACABADOS SUPERFICIALES	N9	
UPNA RACING			PROCESO DE FABRICACIÓN	Mecanizado	MATAR ARISTAS	0.5x45°	
E.T.S.I.I.T.			PESO	160 gramos	UNIDADES	mm	
			PLANO Nº	P-01		A4	ESCALA 1:1



	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	MotoStudent 2019-2020	ESPECIFICACIONES GENERALES		
DIBUJADO	10/05/2021	I.Lizarralde	DENOMINACIÓN	PASADOR BIELETAS	TOLERANCIAS	ISO 2768mK	
APROBADO	30/05/2020	I.Lizarralde	MATERIAL	ACERO 7075	ACABADOS SUPERFICIALES	N9	
UPNA RACING			PROCESO DE FABRICACIÓN	Mecanizado	MATAR ARISTAS	0.5x45°	
E.T.S.I.I.T.			PESO	64.11 gramos	UNIDADES	mm	
			PLANO Nº	P-01		A4	ESCALA 1:1

VI Competición Internacional MotoStudent

2019 – 2020



Reglamento de la Competición

Ref.06.2021

VI Competición Internacional MotoStudent *Índice*

SECCIÓN A: REGLAMENTO ADMINISTRATIVO	4
ARTÍCULO 1: INTRODUCCIÓN A LA COMPETICIÓN MOTOSTUDENT	5
ARTÍCULO 2: APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE MOTOSTUDENT	10
ARTÍCULO 3: REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN	14
ARTÍCULO 4: FABRICACIÓN DE LA MOTO	19
ARTÍCULO 5: PARTICULARIDADES PARA EQUIPOS NO PERTENECIENTES A LA EU	20
ARTÍCULO 6: CALENDARIO DE LA COMPETICIÓN	21
ARTÍCULO 7: COMUNICACIÓN ENTRE EQUIPOS Y ORGANIZACIÓN	24
SECCIÓN B: REGLAMENTO TÉCNICO GENERAL	27
ARTÍCULO 1: REQUISITOS TÉCNICOS DEL PROTOTIPO Y RESTRICCIONES	28
ARTÍCULO 2: REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO	31
ARTÍCULO 3: CHASIS	35
ARTÍCULO 4: CARENADO	36
ARTÍCULO 5: MANILLARES Y ESTRIBERAS	38
ARTÍCULO 6: SISTEMA DE FRENADO	40
ARTÍCULO 7: SISTEMA DE SUSPENSIÓN	42
ARTÍCULO 8: SISTEMA DE DIRECCIÓN	43
ARTÍCULO 9: LLANTAS Y NEUMÁTICOS	44
ARTÍCULO 10: SISTEMAS ELECTRÓNICOS	45
ARTÍCULO 11: DORSALES, IDENTIFICACIÓN Y PUBLICIDAD	47
ARTÍCULO 12: EQUIPACIÓN DEL PILOTO	52
SECCIÓN C: REGLAMENTO TÉCNICO ESPECÍFICO PARA LA CATEGORÍA “MOTOSTUDENT PETROL”	55
ARTÍCULO 1: MOTOR	56
ARTÍCULO 2: SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	57
ARTÍCULO 3: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	59
ARTÍCULO 4: GASOLINA Y LUBRICANTES	61
ARTÍCULO 5: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	62
ARTÍCULO 6: DISEÑO DE SISTEMA DE ESCAPE	63
ARTÍCULO 7: SISTEMA DE TRANSMISIÓN	63
ARTÍCULO 8: INSTALACIÓN ELÉCTRICA	65

SECCIÓN D: REGLAMENTO TÉCNICO ESPECÍFICO PARA LA CATEGORÍA “MOTOSTUDENT ELECTRIC”	68
ARTÍCULO 1: DEFINICIONES Y ASPECTOS GENERALES	69
ARTÍCULO 2: MOTOR ELÉCTRICO Y DEMANDA DE POTENCIA	70
ARTÍCULO 3: ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	71
ARTÍCULO 4: CONTROLADOR	75
ARTÍCULO 5: GENERALIDADES DEL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN (HVS)	76
ARTÍCULO 6: SISTEMAS Y CIRCUITOS DE DESCONEXION	78
ARTÍCULO 7: FUSIBLES	81
ARTÍCULO 8: RECARGA DE ACUMULADORES	82
ARTÍCULO 9: INSTALACIÓN GENERAL Y CABLEADO	83
ARTÍCULO 10: CONTROL Y MANDOS	84
ARTÍCULO 11: SISTEMA DE TRANSMISIÓN	85
ARTÍCULO 12: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	86
ARTÍCULO 13: DOCUMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	87
SECCIÓN E: VERIFICACIONES PREVIAS	89
ARTÍCULO 1: OBJETIVO Y METODOLOGÍA	90
ARTÍCULO 2: ADMINISTRATIVE CHECK	91
ARTÍCULO 3: STATIC SCRUTINEERING – VERIFICACIONES TÉCNICAS GENÉRICAS	92
ARTÍCULO 4: STATIC SCRUTINEERING – VERIFICACIONES TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE LA CATEGORÍA “MOTOSTUDENT PETROL”	95
ARTÍCULO 5: STATIC SCRUTINEERING – VERIFICACIONES TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE LA CATEGORÍA “MOTOSTUDENT ELECTRIC”	96
ARTÍCULO 6: DYNAMIC SAFETY CHECK	97
ARTÍCULO 7: RECTIFICACIÓN DE PROBLEMAS	99
SECCIÓN F: REGLAMENTO MS1	100
ARTÍCULO 1: OBJETIVOS	101
ARTÍCULO 2: ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO	102
ARTÍCULO 3: HITOS Y ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN	112
ARTÍCULO 4: PRESENTACIÓN ANTE JURADO	114
ARTÍCULO 5: EVALUACIONES	115
SECCIÓN G: REGLAMENTO MS2	119
ARTÍCULO 1: OBJETIVOS Y CONDICIONES	120
ARTÍCULO 2: PILOTO	121
ARTÍCULO 3: COMPORTAMIENTO DEPORTIVO	123

ARTÍCULO 4: PRUEBAS DINÁMICAS	127
ARTÍCULO 5: SESIONES FREE PRACTICE	133
ARTÍCULO 6: SESIÓN WARM UP	135
ARTÍCULO 7: SESIÓN QUALIFYING	136
ARTÍCULO 8: RACE	137
ARTÍCULO 9: RESULTADOS DE LA FASE MS2	144
SECCIÓN H: EVENTO FINAL	145
ARTÍCULO 1: HORARIOS	146
ARTÍCULO 2: ESPACIOS E INSTALACIONES DURANTE EL EVENTO FINAL	146
ARTÍCULO 3: IDENTIFICACIÓN DE PARTICIPANTES	148
ARTÍCULO 4: NORMAS DE COMPORTAMIENTO	149
ARTÍCULO 5: COMUNICACIÓN	151
SECCIÓN I: GLOSARIO DE MODIFICACIONES	153
ARTÍCULO 1: REVISIONES DEL REGLAMENTO	154
ARTÍCULO 2: REVISIÓN DEL REGLAMENTO REF 04.2019 (ABRIL 2019)	154
ARTÍCULO 3: REVISIÓN DEL REGLAMENTO REF 07.2019 (JULIO 2019)	154
ARTICLE 4: REVISIÓN DEL REGLAMENTO REF 10.2019 (OCTUBRE 2019)	155
SECCIÓN J: ANEXOS	157
ANEXO 1: FORMATO DE RECLAMACIÓN O IMPUGNACIÓN	158
ANEXO 2: TRAZADO DE PISTA	159
ANEXO 3: PLANO ORIENTATIVO DEL EVENTO	160

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN A: REGLAMENTO ADMINISTRATIVO

ARTÍCULO 1: INTRODUCCIÓN A LA COMPETICIÓN MOTOSTUDENT

A.1.1 Objetivos de MotoStudent

A.1.1.1 MotoStudent es un desafío académico entre equipos de estudiantes, que deberán diseñar y desarrollar un proyecto de motocicleta de competición (eléctrica o de combustión) que será evaluado y puesto a prueba en un Evento Final que tendrá lugar en las instalaciones de MotorLand Aragón, en Alcañiz (Teruel), España.

A.1.2 Promotor de la Competición

A.1.2.1 La Competición MotoStudent es promovida por la Fundación Moto Engineering Foundation (en adelante MEF) y TechnoPark MotorLand. Ambas entidades conforman la Organización de la Competición, responsable de su desarrollo íntegro.

A.1.2.2 La Organización tiene el derecho de adaptar y modificar el Reglamento de la Competición, así como cualquier otro documento oficial, comprometiéndose a la comunicación a los equipos participantes con la antelación suficiente para el correcto desarrollo de las actividades propias de la Competición.

A.1.3 Categorías de la Competición

La Competición MotoStudent cuenta con dos categorías diferentes:

- MotoStudent Petrol
- MotoStudent Electric

A.1.3.1 La Categoría MotoStudent Petrol se caracteriza por utilizar como método de propulsión un motor de combustión interna. La normativa relativa a la Categoría MotoStudent Petrol viene definida a lo largo del presente Reglamento en sus apartados correspondientes.

A.1.3.2 La Categoría MotoStudent Electric se caracteriza por utilizar como método de propulsión un sistema 100% eléctrico. La normativa relativa a la Categoría MotoStudent Electric viene definida a lo largo del presente Reglamento en sus apartados correspondientes.

A.1.3.3 Cada Categoría se desarrollará de forma paralela e independiente con su evaluación y puntuación correspondiente, así como las pruebas e hitos a cumplir a lo largo de la Competición, incluyendo el Evento Final.

A.1.4 Fases de la Competición

Los proyectos y prototipos presentados serán juzgados y evaluados en una serie de pruebas, divididas en dos fases, denominadas Fase MS1 y Fase MS2.

A.1.4.1 Las distintas etapas a las que serán sometidos los proyectos serán:

ETAPA	PUNTUABLE
Milestones	No*
Verificaciones Técnicas	No
Fase MS1: Proyecto	Sí
Fase MS2: Pruebas dinámicas	Sí

* Puede suponer penalización sobre la puntuación global.

A.1.4.2 Todos los equipos participantes, para poder ser evaluados, deberán haber superado el nivel mínimo exigido en cada una de las etapas.

A.1.4.3 Los requisitos a cumplir en las distintas etapas vienen detallados en los siguientes puntos del presente Reglamento:

Milestones: Sección A, Artículo 6.

Verificaciones Técnicas: Sección E

Fase MS1: Sección F

Fase MS2: Sección G

A.1.5 Premios y puntuaciones

En base a los resultados de las diferentes Fases se otorgarán una serie de premios.

A.1.5.1 Los premios específicos de la Fase MS1 vienen desarrollados en el Art.F.5.3 del presente Reglamento.

A.1.5.2 Los premios específicos de la Fase MS2 vienen desarrollados en el Artículo 9 de la Sección G del presente Reglamento.

A.1.5.3 Además de los premios específicos de cada Fase, se entregarán los siguientes premios generales:

- Best MotoStudent: Otorgado al equipo que obtenga la máxima puntuación en la suma de los resultados de las Fases MS1 + MS2.
- Best Rookie team: Otorgado al equipo de nueva incorporación (representando a una universidad no inscrita en ninguna de las anteriores ediciones de MotoStudent) que obtenga la máxima puntuación en la suma de los resultados de las Fases MS1 + MS2.

A.1.5.4 Resumen total de premios de la Competición:

MotoStudent Petrol	MotoStudent Electric
MS1 Phase	
Best MS1 Project	Best MS1 Project
Best Design Project	Best Design Project
Best Innovation	Best Innovation
MS2 Phase	
1st Classified	1st Classified
2nd Classified	2nd Classified
3rd Classified	3rd Classified
General Awards	
Best MotoStudent	Best MotoStudent
Best Rookie Team	Best Rookie Team

A.1.5.5 La valoración económica y material de cada premio será publicada por la Organización a todos los equipos registrados.

A.1.5.6 En caso de empate de puntuaciones entre dos o más equipos en la clasificación de General Awards, la posición final de clasificación se basará en la puntuación de cada equipo en la Fase MS1, quedando por delante el equipo con mayor puntuación MS1.

A.1.6 Inscripciones

MotoStudent acepta inscripciones de equipos de estudiantes que representen a universidades de todo el mundo.

- A.1.6.1 Se establece el periodo de inscripción desde el 28 de Enero de 2019 al 30 de Abril de 2019. El proceso de inscripción deberá formalizarse a través de la página web de la Competición: www.motostudent.com.
- A.1.6.2 La tasa de inscripción por equipo será de 3.160 € (IVA incluido). Esta cuota cubre la inscripción de un mínimo obligatorio de 7 integrantes por equipo. Por cada integrante adicional se deberá abonar una cuota de 325 € (IVA incluido).
- A.1.6.3 Para que un equipo se considere registrado, deberá haber abonado las correspondientes tasas de inscripción.
- A.1.6.4 El número de plazas disponibles para equipos está limitado en las dos categorías existentes. Las plazas vacantes se irán cubriendo por orden de inscripción (incluyendo el pago de tasas). Los equipos que no hayan abonado el pago de las tasas no se considerarán como equipos registrados, y por tanto no será posible su reserva de plaza.
- A.1.6.5 El pago de las tasas de inscripción en la Competición da derecho a:
- Participar en la VI Edición de la Competición Internacional MotoStudent como equipo oficial, con el consiguiente certificado de reconocimiento como alumno o tutor registrado.
 - Kit MotoStudent, que incluye componentes de obligada instalación comunes para todos los equipos que deberán ser incluidos en el prototipo. El transporte del Kit también se incluye, pero no así los aranceles o tasas especiales de los países de destino, provincias u otras zonas.
 - Pases "Full Access" a las áreas restringidas y el correspondiente seguro durante el Evento Final en 2020, exclusivamente para los miembros registrados en el equipo:
 - Acceso a Briefings.
 - ~~- Acceso a salas de presentaciones MS1.~~
 - Acceso a Zona de Trabajo de Pit Lane y Pit Wall (muro).
 - Acceso a pista para reconocimiento de equipos previo a pruebas MS2.
 - Acceso a Box Técnico (Área de Verificaciones) (2 miembros por equipo).
 - Acceso a Parrilla de Salida antes de las carreras.
 - ~~- Acceso gratuito a Gala de Entrega de Premios MS1.~~
 - Acceso a Podiums MS2.

- En general, acceso a las zonas de realización de pruebas específicas de la Competición que requieran la presencia de alumnos participantes.

- Pulseras acreditativas de registro, que permitirán la manipulación del prototipo. No estará permitida durante el Evento Final la manipulación de los prototipos por personas no registradas oficialmente en la Competición.

- Adhesión de alumnos registrados a la bolsa de empleo y formación de MotoStudent, mediante la cual tendrán acceso a cursos de formación especializada presencial u online, así como la oportunidad de acceder a ofertas de empleo exclusivas de las principales empresas del sector.

- El derecho de acceso a servicios, suministros, descuentos y oportunidades ofrecidas por la Organización de la Competición y las empresas colaboradoras.

A.1.6.6 Las tasas de inscripción en la Competición no serán reembolsables. Si por cualquier causa ajena a la Organización, la Competición se tuviera que ver interrumpida, cancelada, o se determinara una variación en los plazos programados (como por ejemplo en las fechas de celebración del Evento Final), la Organización se reserva el derecho a no devolver el importe de dichas tasas de inscripción.

A.1.7 Publicaciones oficiales e información del Evento

Todas las publicaciones oficiales, Reglamentos, anexos, etc... serán publicados en la página web oficial de la Competición: www.motostudent.com

A.1.7.1 Los equipos están obligados a leer y estar familiarizados con todas las publicaciones que realice la Organización.

A.1.7.2 La Organización podrá utilizar el sistema de correo electrónico u otros medios electrónicos para hacer llegar novedades e informaciones relativas a la Competición. Para ello cada equipo presentará dos direcciones de correo electrónico oficiales donde recibir las comunicaciones:

- Dirección de correo electrónico de el/los tutor/es.
- Dirección de correo electrónico del team leader o dirección general del equipo.

A.1.7.3 Cualquier comunicación oficial emitida por la Organización tendrá la misma oficialidad que el presente Reglamento de la Competición, y por lo tanto los equipos tendrán la misma obligación de cumplimiento.

A.1.8 Idiomas oficiales

Los idiomas oficiales de la Competición serán, por orden de prioridad, los siguientes:

1º Inglés

2º Español

A.1.8.1 Las publicaciones y documentos oficiales se presentarán en Inglés. La Organización podrá publicar además dicha documentación en Español, aunque se reserva el derecho a no hacerlo si así lo considerara conveniente.

A.1.8.2 Las comunicaciones entre los equipos participantes y la Organización deberán realizarse en uno de los dos idiomas oficiales indicados en el Art. A.1.8.

A.1.8.3 En caso de conflicto de interpretación entre el Reglamento en Inglés y su traducción al Español, será el documento en Inglés el que prevalecerá. Esta regla se aplicará a cualquier tipo de documento oficial publicado por la Organización a lo largo de la Competición.

A.1.9 Horario oficial

Se considera como horario oficial de la Competición el vigente en España peninsular:

- Horario de invierno: CET (UTC+1)

- Horario de verano: CEST (UTC+2)

ARTÍCULO 2: APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE MOTOSTUDENT

A.2.1 Ambigüedades en el Reglamento

Las posibles ambigüedades o preguntas acerca del significado o intención del Reglamento de la Competición serán resueltas únicamente por la Organización de MotoStudent.

A.2.2 Validez del Reglamento

El presente Reglamento de la Competición MotoStudent, publicado en el sitio web oficial www.motostudent.com, con sus posibles revisiones posteriores, es el único reglamento válido para la VI Competición Internacional MotoStudent 2019-2020.

A.2.2.1 Los Reglamentos de ediciones anteriores (Edición I, II, III, IV o V) de la Competición MotoStudent no tendrán validez de aplicación para la VI Competición Internacional MotoStudent 2019-2020.

A.2.2.2 Para cualquier situación o infracción deportiva no recogida en el presente Reglamento de MotoStudent o en otra comunicación oficial de la Organización, será el Reglamento Deportivo RFME del Campeonato de España de Velocidad 2020 el que regule el procedimiento a seguir.

A.2.3 Obligaciones de cumplimiento

Al participar en la Competición MotoStudent, el equipo, los miembros del equipo como individuos, los tutores, pilotos y demás personal académico involucrado, aceptan y están obligados a cumplir todas las normas impuestas por la Organización tanto en el Reglamento de la Competición como en posteriores documentos oficiales, así como las normas propias del complejo deportivo donde se desarrollará el Evento Final.

A.2.4 Sanciones por incumplimiento de las normas

La Organización tiene el derecho de sancionar a todos aquellos equipos que no cumplan con aspectos del Reglamento de la Competición y horarios establecidos, así como aquellos equipos que demuestren un comportamiento antideportivo, o puedan poner en peligro a personas e instalaciones.

A.2.4.1 La Organización establecerá las sanciones según los siguientes criterios:

- Falta leve: Penalización de 10 puntos en la prueba o fase a evaluar.
- Falta grave: Exclusión del equipo de la fase a evaluar. En función de la gravedad de la falta, la Organización podrá incluso excluir al equipo de la Competición.
- Penalizaciones deportivas en la Fase MS2: a determinar por el Órgano de Dirección de Carrera.

- A.2.4.2 Se considera como falta leve el incumplimiento puntual del horario definido, entregas de documentación (a excepción de los hitos y entregables que conlleven penalizaciones concretas), incumplimiento puntual de las normas de paddock y pit lane, o actuaciones similares.
- A.2.4.3 Se considera como falta grave el incumplimiento reiterativo de los casos expuestos en el artículo A.2.4.2, la desobediencia a órdenes de Organización o Dirección de Carrera, comportamiento antideportivo o agresivo, actos peligrosos para las personas asistentes, etc...
- A.2.4.4 Durante el desarrollo de las pruebas dinámicas de la Fase MS2 en pista, el Órgano de Dirección de Carrera podrá aplicar las penalizaciones pertinentes por el incumplimiento de las normas deportivas. Estas penalizaciones pueden acarrear sanciones en la puntuación.

A.2.5 Derecho a reclamaciones e impugnaciones

Cualquier equipo participante puede presentar quejas o sugerencias. La Organización revisará cualquier duda, incumplimiento o sanción presentada por el método oficial.

- A.2.5.1 Reclamación: Un equipo puede presentar reclamación ante cualquier desacuerdo con alguna acción por parte de la Organización, bien sea en la calificación de la Competición o cualquier otra acción que consideren que ha sido causa de perjuicio para su equipo.
- A.2.5.2 Impugnación: Cualquier equipo puede impugnar a otro equipo participante en el caso de observar algún incumplimiento con el Reglamento de la Competición o por un comportamiento inadecuado.
- A.2.5.3 Todas las reclamaciones e impugnaciones deben presentarse a la Organización siguiendo el formato de presentación reflejado en el Anexo 1 de la sección J del presente Reglamento, indicando el artículo del Reglamento que se considera violado, junto a las pruebas necesarias para su verificación. Las reclamaciones o impugnaciones previas al Evento Final podrán enviarse escaneadas o con firma digital por correo electrónico a faq@motostudent.com, mientras que las reclamaciones o impugnaciones durante el Evento se deberán presentar por escrito a la Organización.
- A.2.5.4 Para realizar reclamaciones o impugnaciones, el equipo solicitante deberá depositar 50 puntos sobre la puntuación de la Fase o prueba a reclamar más 800€. Si la Organización aprueba la resolución a favor del equipo, se le devolverán los 50 puntos y los 800€, si por el contrario la reclamación es rechazada, perderá los 50 puntos y los 800€.

- A.2.5.5 Período de presentación: Las reclamaciones o impugnaciones relacionadas con cualquier aspecto de las pruebas desarrolladas durante el Evento Final, deberán presentarse en un máximo de 30 minutos después de la publicación de los resultados de dicha prueba.
- A.2.5.6 La Organización será la responsable de la decisión final de la reclamación. Esta decisión será inapelable y definitiva.
- A.2.5.7 Únicamente en el ámbito puramente deportivo se podrá solicitar recurso de apelación: De acuerdo con lo establecido en el Reglamento Deportivo de la RFME, en su artículo 119, cualquier equipo podrá recurrir contra las penalizaciones impuestas o las decisiones adoptadas por el Comité Organizador y el Órgano de Dirección de Carrera, ante el Comité de Disciplina de la RFME. Todo recurso deberá ser formulado por escrito, firmado por el interesado y acompañado de un depósito de 800 €. El derecho de recurso expira a los quince días, plazos postales comprendidos, después de la fecha de comunicación de la resolución.
- A.2.5.8 De acuerdo con lo establecido en el Reglamento Deportivo de la RFME, en su artículo 119, a petición de un equipo podrán presentarse recursos ante la FIM, a través de la RFME, siendo ésta la única para juzgar la oportunidad del recurso formulado, pudiendo rehusar el trámite sin estar obligada a explicar las causas y motivos que a ello la inducen. El derecho de recurso no implica la suspensión de la penalización o sanción; no obstante, cuando la RFME acceda a elevar un recurso ante la FIM, el recurrente podrá obtener, previa la oportuna solicitud, que dicho recurso produzca la suspensión momentánea de la decisión, pero en este caso, deberá aportar, junto al recurso, el depósito de garantía estipulado por la FIM.

A.2.6 Derecho a confiscar

La Organización se reserva el derecho de confiscar o retener durante el Evento Final cualquier prototipo, componente, herramienta o equipación del piloto a su criterio, justificando razones relacionadas con el incumplimiento de la normativa impuesta en el Reglamento de la Competición.

- A.2.6.1 Cualquier material confiscado por la Organización en el Evento Final, será devuelto a su equipo propietario al finalizar el Evento.

A.2.7 Variaciones en el Reglamento de la Competición

La Organización de MotoStudent se reserva el derecho a modificar el Reglamento de la Competición, así como el Calendario Oficial, si así lo estimara necesario. Las variaciones del Reglamento se añadirán en la Sección I: Glosario de modificaciones, y serán publicadas en la página web de la Competición.

- A.2.7.1 El Comité Organizador anunciará los cambios en el Reglamento a través del medio que considere más oportuno para la difusión de dichos cambios, siendo el Reglamento más actual el publicado en la página web de la Competición.

ARTÍCULO 3: REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN

A.3.1 Límites de participación

La Competición tiene un objetivo puramente académico, siendo un proyecto multidisciplinar con un gran peso en las áreas de la ingeniería, economía, marketing y gestión de proyectos. Aunque el proyecto se base en el desarrollo y la fabricación de un prototipo de motocicleta de competición, no se trata de un campeonato de velocidad al uso. Por estas consideraciones, la elegibilidad está limitada a estudiantes universitarios en activo (matriculados en una universidad en los cursos académicos 2018-2019 y/o 2019-2020), o estudiantes de escuelas de Formación Profesional (incluidos estos últimos dentro de un equipo con la universidad como titular) cuya actividad principal no sea la formación en el ámbito de la competición del motor en cualquiera de sus formas.

- A.3.1.1 No hay límite de equipos estipulados por cada Universidad. Cada Universidad podrá presentar tantos equipos como desee para cualquiera de las categorías de la Competición.

- A.3.1.2 Cada equipo registrado sólo puede presentar un único proyecto y prototipo.

A.3.2 Renuncia de responsabilidad

Todos los participantes en la Competición, entre ellos los estudiantes y tutores, deberán firmar una declaración de responsabilidad. El resto de personas que acudan al Evento Final junto con los equipos será considerado como público general.



Los deportes del motor pueden ser peligrosos

A.3.3 Responsables del equipo: Tutores y Team Leader

Cada equipo debe designar uno o dos asesores docentes, que serán reconocidos como “Tutores” del equipo, así como un alumno delegado inscrito en el equipo, que será reconocido como “Team Leader” del equipo.

- A.3.3.1 Los tutores del equipo deben acompañar al equipo durante la Competición y serán considerados como los máximos responsables del equipo. En el caso de la no asistencia de ningún tutor al Evento Final se considerará al team leader como máximo responsable del equipo.
- A.3.3.2 Los tutores pueden aconsejar a sus equipos sobre ingeniería general y teoría de sus proyectos pero en ningún caso pueden diseñar cualquier parte del prototipo, ni participar en el desarrollo de cualquier tipo de documentación ni presentación.
- A.3.3.3 Los tutores no pueden montar ni fabricar personalmente ningún componente del prototipo.

A.3.3.4 La jerarquía interna de los equipos es responsabilidad de la organización interna de cada equipo, pero se aconseja establecer el siguiente orden jerárquico en la toma de decisiones o actuaciones:



A.3.3.5 Al menos uno de los tutores deberá estar en poder de representar a la Universidad a efectos administrativos a lo largo de los tres semestres de duración de la Competición.

A.3.3.6 El team leader tendrá los mismos derechos y obligaciones que el resto de alumnos inscritos, pero actuará como nexo de comunicación con la Organización y representación del equipo en ausencia de los tutores.

A.3.3.7 Si por razones justificadas se diera cualquier cambio en la figura de los tutores o team leader, se deberá avisar con la mayor antelación posible a la Organización para tener en consideración los nuevos cargos.

A.3.4 Participantes

Los equipos y los miembros que lo integran, registrados en la Competición serán considerados como “participantes de la Competición” desde su inscripción hasta la conclusión del Evento Final.

A.3.4.1 Cada equipo tendrá un mínimo de 7 participantes.

A.3.4.2 Todo equipo universitario participante en MotoStudent deberá llevar como parte de su identificación el nombre o iniciales de la Universidad, Centro Universitario, Facultad o Campus al que pertenece.

- A.3.4.3 A cada equipo participante se le asociará un número de dorsal identificativo, comprendido entre el 1 y el 99, excluyéndose el 13. Este número de dorsal será otorgado a elección de cada equipo, por orden de Registro en la Competición. Los dorsales 1, 2 y 3 quedarán reservados exclusivamente a disposición de los equipos representantes de las universidades finalistas en primer, segundo y tercer puesto, respectivamente, en el ranking global MS1+MS2 de la V Competición Internacional MotoStudent 2017-2018.
- A.3.4.4 También pueden formar parte del equipo alumnos de Centros Formativos como Centros de Formación Profesional que puedan complementar al equipo participante (matriculados en el Centro de Formación Profesional en el curso 2018-2019 y/o 2019-2020). Para ello, el equipo deberá presentar un justificante de acuerdo consensuado entre el Centro de Formación y la Universidad participante.
- A.3.4.5 La consideración de la Competición y su compatibilidad con los planes de estudio será decisión de cada Universidad, que no tiene obligación de incluir la Competición MotoStudent en sus planes de estudio, ni tan siquiera como formación de libre elección.
- A.3.4.6 Para participar en la Competición, en el ámbito académico únicamente se precisa que los alumnos estén matriculados en los cursos 2018-2019 y/o 2019-2020, independientemente del porcentaje de asignaturas o créditos cursados o aprobados.
- A.3.4.7 Todos los participantes deberán superar los 18 años de edad al comienzo del Evento Final.

A.3.5 Cancelaciones y sustituciones

- A.3.5.1 Las sustituciones de integrantes conllevarán el abono de una tasa administrativa por gastos de gestión, según Art.A.3.7., **y serán aceptadas únicamente hasta 15 días antes del Evento Final.**
- A.3.5.2 Las tasas de inscripción de alumnos no son reembolsables, aunque se den de baja los mismos.
- A.3.5.3 Todas las modificaciones sobre los alumnos participantes deberán ser comunicadas a la Organización por parte del tutor o el team leader, a través de la dirección de correo electrónico de registros (registry@motostudent.com) o a través de los medios que la organización proporcione para la gestión de integrantes.

A.3.6 Seguros

Las universidades inscritas deberán integrar el trabajo realizado en el currículum formativo de forma que la participación en la Competición MotoStudent se englobe dentro de las actividades que cubre el seguro escolar.

- A.3.6.1 La Organización contará con un seguro privado de responsabilidad civil que cubrirá a todos los integrantes de los equipos, como garantía ante cualquier accidente que se pudiera presentar durante el Evento Final en las instalaciones del Circuito de Velocidad de MotorLand Aragón. Los daños físicos a miembros del equipo, si vienen derivados de su trabajo en el box, no serán cubiertos por este seguro. Para ello, los equipos deberán asegurarse del alcance de las coberturas de su seguro escolar y, en caso de no cubrirlo, contratar uno por su cuenta.
- A.3.6.2 El Evento contará con los medios médicos y de seguridad necesarios en cuanto a exigencias deportivas se refiere.
- A.3.6.3 La Organización no se hace responsable de los daños materiales o físicos que pudieran causarse durante la elaboración o manipulación del prototipo por parte de cada equipo.

A.3.7 Gestiones administrativas y tasas

Las gestiones administrativas solicitadas por los equipos a la Organización de la Competición, y que no sean parte del propio desarrollo de los hitos y actividades de MotoStudent, conllevarán unas tasas administrativas estándar por gastos de gestión de 20€ (IVA incluido). Algunos ejemplos de gestiones administrativas son:

- Expedición de certificados y demás documentos de participación justificativos (excluyendo los emitidos genéricamente por la Organización).
- Expedición de duplicados de documentación.
- Modificación de datos de equipo: miembros, figuras de tutores y team leader, nombre de equipo y/o universidad, etc.
- Gestión de paquetería, envíos, y guarda de los prototipos y otros elementos de los equipos para el Evento MotoStudent.

ARTÍCULO 4: FABRICACIÓN DE LA MOTO

A.4.1 Fabricación del prototipo

Los prototipos participantes en MotoStudent deben ser creados, diseñados, y ensamblados por los estudiantes registrados en el equipo sin la participación directa de ingenieros profesionales, ingenieros de competición, mecánicos profesionales, etc. El equipo se compromete a ello con la firma del documento de conformidad con la Organización y el Reglamento de la Competición.

A.4.2 Kit MotoStudent

La Organización proveerá a todos los equipos de un Kit que incluirá todos los componentes de obligada instalación en los prototipos. La normativa técnica referente a este Kit viene definida en las secciones B, C y D del presente Reglamento.

- A.4.2.1 Los gastos de transporte del Kit MotoStudent a las dependencias indicadas por los equipos participantes serán cubiertos por la Organización. No obstante, cada equipo se responsabilizará de los impuestos y aranceles derivados de las políticas de importación del país, zona o región a las que se envíen los Kits.
- A.4.2.2 Los equipos deberán informarse previamente al envío de los Kits de las políticas arancelarias y límites logísticos derivados del destino de envío y comunicar las particularidades a la Organización para evitar retenciones del material.
- A.4.2.3 Es posible que, dependiendo del país de localización del equipo, no se permita el envío de alguno de los componentes incluidos en el Kit MotoStudent. En ese caso, la Organización se pondrá en contacto con el equipo para encontrar soluciones alternativas para la gestión de dichos componentes.
- A.4.2.4 Los componentes incluidos en el Kit MotoStudent para ambas categorías deben ser utilizados con el único propósito de la fabricación de los prototipos para la VI Edición de MotoStudent y su participación en ella, quedando terminantemente prohibido darles otras aplicaciones fuera de ésta.

ARTÍCULO 5: PARTICULARIDADES PARA EQUIPOS NO PERTENECIENTES A LA EU

A.5.1 Transporte e importación del prototipo

Los envíos e importaciones de los prototipos y material deberán cumplir con todos los requisitos pertinentes en cuanto a transporte, importación y exportación establecidos por las leyes y reglamentos españoles.

A.5.1.1 Se recomienda gestionar el transporte y despacho de aduanas como una importación temporal con una empresa especializada.

A.5.1.2 En ningún caso la Organización o la empresa gestora del Circuito de Velocidad será el destinatario del transporte, ni gestionará la recepción del prototipo.

A.5.1.3 Se deberá gestionar el envío del prototipo con la suficiente antelación para evitar retrasos que impidan disponer del prototipo a tiempo para competir en el Evento Final.

A.5.1.4 Los datos para el envío al lugar del Evento Final serán:

- Destinatario: Nombre del equipo o universidad.
- Dirección de envío: MotorLand Aragón - Circuito de Velocidad, Ctra. TE-V-7033 km.1, 44600 Alcañiz – Teruel (España)
- Teléfono de contacto: Teléfono de contacto del equipo

A.5.2 Visado

Los documentos de registro en la Competición MotoStudent y otras reseñas de participación por parte del equipo en la Competición pueden ser utilizados como justificación o demostración para expedir el visado, si así lo pudiera requerir el organismo pertinente.

La Organización recomienda a los equipos no pertenecientes a la UE asegurar todos los aspectos sobre el visado y el viaje en general lo antes posible para evitar imprevistos de última hora.

Toda la información y dudas sobre los requisitos para viajar a España vienen recogidas en la página web del Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación del Gobierno de España: www.exteriores.gob.es

A.5.2.1 La Organización no otorgará ningún tipo de visado ni carta de invitación, ni intervendrá con ningún organismo, embajada, o consulado para solventar ninguna cuestión referente al visado de los miembros de cada equipo.

ARTÍCULO 6: CALENDARIO DE LA COMPETICIÓN

A.6.1 Plazos oficiales

La Competición Internacional MotoStudent se desarrolla durante tres semestres a lo largo del período 2019-2020. Durante este período se plantean una serie de hitos de obligatorio cumplimiento para los equipos participantes. El siguiente Calendario muestra los plazos principales de la Competición:

Period	DATE Start End	2019												2020												2021													
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
Team Registration	28/01/2019 30/04/2019																																						
MS1 Delivery 1: Chapter A – Concept development	01/10/2019 31/10/2019																																						
MS1 Special Milestone 1: Electric Scheme	01/11/2019 30/11/2019																																						
Admin Milestone 1: Team members	01/12/2019 31/12/2019																																						
MS1 Special Milestone 2: Battery Pack specs	01/02/2020 29/02/2020																																						
MS1 Delivery 2: Chapter B – Product design	01/03/2020 30/04/2020																																						
MS1 Special Milestone 3: Battery Pack assembly	01/05/2020 31/10/2020																																						
MS1 Delivery 3: Chapter D – Innovation	01/07/2020 31/10/2020																																						
MS1 Delivery 4: Chapter E – Business Plan	01/07/2020 31/10/2020																																						
MS1 Special Milestone 4: Electric Powertrain Test	01/07/2020 31/03/2021																																						
MS1 Delivery 5: Chapter C – Prototyping and testing	01/08/2020 31/03/2021																																						
MS1 Delivery 6: MS1 presentations	01/03/2021 31/03/2021																																						
Admin Milestone 2: Data Accreditations	01/05/2021 31/05/2021																																						
Admin Milestone 3: Rider Data	15/05/2021 31/05/2021																																						
MS1 Virtual Finals Presentations	15/05/2021 31/05/2021																																						
Final Event	15/07/2021 18/07/2021																																						

A.6.2 Período de Registro de Equipos

Se habilita el período de Registro de Equipos del 28/01/2019 al 30/04/2019.

A.6.3 Milestones de carácter administrativo

A continuación, se describen los Milestones de carácter administrativo indicados en el Calendario de la Competición del Art. A.6.1.

A.6.3.1 Admin Milestone 1: Team Members (Del 01/12/2019 al 31/12/2019): Datos definitivos de los alumnos y tutores registrados, funciones en las que se estructura el equipo, documentación que acredite la matriculación académica de los alumnos y una declaración de conformidad firmada por el Team Leader y los Tutores.

A.6.3.2 Admin Milestone 2: Data for accreditations (Del 01/05/2021 al 31/05/2021): Documentación y fotografías para los pases de acceso durante el Evento Final.

A.6.3.3 Admin Milestone 3: Rider data (Del 15/05/2021 al 31/05/2021): Datos del piloto a presentar (nombre, DNI, palmarés, nº de licencia y otros datos federativos).

A.6.4 Milestones específicos de la Categoría MotoStudent Electric

Se exigirán una serie de hitos específicos para equipos de la Categoría MotoStudent Electric, de cara a garantizar la seguridad de los prototipos y el cumplimiento del Reglamento Técnico. Las descripciones detalladas se encuentran en Art.D.13.1.1.

A.6.4.1 MSE Special Milestone 1: Electric scheme (Del 01/11/2019 al 30/11/2019): Aspectos relativos al diseño eléctrico del prototipo y esquema eléctrico completo.

A.6.4.2 MSE Special Milestone 2: Battery pack specs (Del 01/02/2020 al 29/02/2020): Diseño y configuración eléctrica y mecánica del pack de baterías.

A.6.4.3 MSE Special Milestone 3: Battery pack assembly (Del 01/05/2020 al 31/10/2020): Descripción del montaje físico del pack de baterías.

A.6.4.4 MSE Special Milestone 4: Electric powertrain test (Del 01/07/2020 al 31/03/2021): Descripción de prueba de funcionamiento del sistema de propulsión eléctrico.

A.6.5 MS1 Project Deliveries

Los equipos entregarán las distintas partes que compondrán su Proyecto MS1.

A.6.5.1 MS1 Delivery 1: Chapter A – Concept Development (Del 01/10/2019 al 31/10/2019): Ver Art. F.2.2.

A.6.5.2 MS1 Delivery 2: Chapter B – Product Design (Del 01/03/2020 al 30/04/2020): Ver Art. F.2.3.

A.6.5.3 MS1 Delivery 3: Chapter D – Innovation (Del 01/07/2020 al 31/10/2020): Ver Art. F.2.5.

A.6.5.4 MS1 Delivery 4: Chapter E - Business Plan (Del 01/07/2020 al 31/10/2020): Ver Art. F.2.6.

A.6.5.5 MS1 Delivery 5: Chapter C – Prototyping and Testing (Del 01/08/2020 al 31/03/2021): Ver Art. F.2.4.

A.6.5.6 MS1 Delivery 6: MS1 Presentations (Del 15/05/2021 al 31/05/2021): Ver Artículo 4 de la Sección F del presente Reglamento.

A.6.6 Evento Final

El Evento Final tendrá lugar en ~~otoño de 2020~~ **verano de 2021** en el Circuito de Velocidad de MotorLand Aragón. La fecha concreta y horario de pruebas y actividades serán publicados por la Organización.

A.6.7 Penalizaciones por retraso en los plazos oficiales

Los plazos estipulados en el Calendario de la Competición (Art. A.6.1) deben cumplirse. En caso de retraso se aplicarán penalizaciones.

A.6.7.1 El retraso en la entrega de cada Admin Milestone conllevará la siguiente penalización: [1 punto MS1 + 1 punto MS2] por cada día de retraso (Máx. 20 puntos → 10 MS1 + 10 MS2).

A.6.7.2 El retraso en la entrega de cada MSE Special Milestone conllevará la siguiente penalización: [1 punto MS1 + 1 punto MS2] por cada día de retraso (Máx. 20 puntos → 10 MS1 + 10 MS2). La presentación de los hitos MSE Special Milestone con un retraso superior a 10 días puede suponer, además, lo establecido en el Art.D.13.1.2.

- A.6.7.3 El retraso en las entregas de las Partes del Proyecto MS1 conllevará una penalización de 2 puntos en la parte correspondiente (A, B, C, D o E) por cada día de retraso (Máx. 20 puntos). La documentación presentada tras 10 días no será evaluada y conllevará, por tanto, la calificación de 0 puntos en ese Milestone.
- A.6.7.4 Las penalizaciones acumuladas sobre la Fase MS1 en el retraso de los hitos Admin Milestone y/o MSE Special Milestone se repartirán entre las puntuaciones obtenidas de las valoraciones previas del jurado experto sobre los MS1 Deliveries (partes A, B, C, D y E) respetando las proporciones que cada uno de ellos representa sobre el total de 400 puntos, tal y como se indica en el Art. F.5.3.
- A.6.7.5 Las penalizaciones acumuladas sobre la Fase MS2 en el retraso de los hitos se aplicarán sobre la puntuación final de la Fase MS2.
- A.6.7.6 La puntuación mínima en cada una de las partes o pruebas puntuables en la Competición en ningún caso será inferior a 0 puntos.

ARTÍCULO 7: COMUNICACIÓN ENTRE EQUIPOS Y ORGANIZACIÓN

A.7.1 Publicación de consultas: Registro FAQ

Al enviar una consulta a la Organización, los equipos aceptan que la Organización pueda reproducir parcial o totalmente la pregunta y la respuesta oficial en el Registro FAQ, a disposición de todos los equipos registrados a través de las plataformas oficiales.

- A.7.1.1 El Registro FAQ recogerá las dudas comunes relativas a la Competición MotoStudent remitidas por los equipos, y será actualizado por la Organización.
- A.7.1.2 Los equipos inscritos tienen el deber de leer las actualizaciones del Registro FAQ, que tendrá la misma oficialidad que el presente Reglamento.

A.7.2 Tipos de preguntas

La Organización responderá a todas las preguntas que no estén reflejadas en la normativa descrita en el Reglamento de la Competición ni en el Registro FAQ.

- A.7.2.1 La Organización puede no responder una pregunta cuya respuesta quede claramente reflejada en el Reglamento de la Competición, Registro FAQ o cualquier otro documento oficial.

A.7.3 Procedimiento de consulta

Todas las consultas dirigidas a la Organización deberán remitirse a través de la plataforma que la Organización establezca para tal fin y cumplir con el siguiente formato:

- Nombre completo de la persona que formula la consulta.
- Categoría (MotoStudent Electric / MotoStudent Petrol).
- Dorsal.
- Nombre del equipo.
- Artículo del Reglamento o nº de consulta FAQ afectada.
- Consulta.

- A.7.3.1 Se recomienda no adjuntar ninguna fotografía, dibujo o archivo que supere los 500KB de tamaño.

- A.7.3.2 La Organización no responderá consultas cuya respuesta quede claramente reflejada en el Reglamento de la Competición, Registro FAQ o cualquier otro documento oficial.

- A.7.3.3 La Organización no resolverá dudas de ningún tipo por vía telefónica. Todas las consultas deben ser remitidas y resueltas por el sistema definido en este artículo.

A.7.4 Tiempo de respuesta

La Organización se compromete a responder lo antes posible todas las preguntas formuladas. Teniendo en cuenta que algunas preguntas pueden requerir más tiempo debido a la complejidad o necesidad de consulta externa, se estima que el máximo tiempo de respuesta será de 15 días naturales.

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN B: REGLAMENTO TÉCNICO GENERAL

ARTÍCULO 1: REQUISITOS TÉCNICOS DEL PROTOTIPO Y RESTRICCIONES

B.1.1 Introducción al Reglamento Técnico

Los prototipos presentados para competir en MotoStudent deben ser de fabricación propia.

- B.1.1.1 El diseño y fabricación de los prototipos presentados deben atenerse a la normativa impuesta en el presente Reglamento, para poder participar en las fases puntuables de la Competición.
- B.1.1.2 Los prototipos deberán mantener todas las especificaciones requeridas en el Reglamento Técnico durante todas las pruebas del Evento Final. La Organización podrá revisar el correcto cumplimiento del Reglamento en cualquier momento del Evento Final.
- B.1.1.3 Cualquier incumplimiento de los requisitos técnicos y restricciones deberán ser corregidos y volverse a inspeccionar antes de que el prototipo pueda participar en cualquier prueba durante el Evento Final.
- B.1.1.4 La normativa reflejada en la presente Sección B del Reglamento afecta por igual tanto a la Categoría “MotoStudent Petrol” como a la Categoría “MotoStudent Electric” de la Competición, salvo en los artículos en los que se indiquen requerimientos específicos para una Categoría concreta.

B.1.2 Modificaciones y reparaciones

Una vez superadas las verificaciones (ver Sección E) y se valide el prototipo para participar en la Competición MotoStudent, estará totalmente prohibida cualquier modificación no reflejada en el presente artículo sin la supervisión del Cuerpo Técnico de la Organización. Antes de realizar cualquier modificación no reflejada se deberá poner en conocimiento a la Organización, que deberá dar el visto bueno y volver a inspeccionar el prototipo tras la modificación.

Las modificaciones permitidas después de las verificaciones técnicas, y que no conllevan supervisión por parte de la Organización son:

- El ajuste de transmisión secundaria
- Ajuste de sistema de frenado
- Operaciones y ajustes de los sistemas de adquisición de datos
- Ajuste de presión de neumáticos
- Reposición de líquidos
- Ajustes de set-up generales
- Ajustes de puesta a punto de motor

En caso de que el prototipo necesite reparaciones, éstas deberán ser aprobadas por la Organización. Una vez reparado el prototipo, la Organización realizará las verificaciones pertinentes antes de poder regresar a la Competición.

B.1.3 Otras competiciones

El presente Reglamento Técnico General ha sido creado exclusivamente para la Competición MotoStudent, por lo que los prototipos fabricados según las especificaciones en él reflejadas no tienen por qué cumplir los requisitos de otras competiciones de velocidad ajenas a MotoStudent. La Organización no se hace responsable del uso que los diversos equipos puedan hacer de los prototipos presentados en MotoStudent en otras competiciones.

B.1.4 Kit MotoStudent

B.1.4.1 El Kit MotoStudent, para los equipos inscritos en la Categoría “MotoStudent Petrol” constará de los siguientes componentes:

- Motor de combustión interna
- Centralita de gestión del motor
- 1 juego de neumáticos slick delantero y trasero
- Pinzas y bombas de freno

B.1.4.2 El Kit MotoStudent, para los equipos inscritos en la Categoría “MotoStudent Electric” constará de los siguientes componentes:

- Motor eléctrico
- Dispositivo Vigilante de aislamiento (IMD)
- 1 juego de neumáticos slick delantero y trasero.
- Pinzas y bombas de freno

B.1.4.3 Los componentes incluidos en el Kit MotoStudent llevarán incorporado un marcaje identificativo. Dicho marcaje deberá permanecer intacto, pues será revisado por el Cuerpo Técnico de la Organización en el Evento Final. En caso de rotura o daño de estos marcajes los equipos deberán ponerse en contacto con la Organización para determinar una solución.

B.1.4.4 No se podrá cubrir con pintura o lámina adhesiva ningún elemento identificador de los componentes suministrados por la Organización.

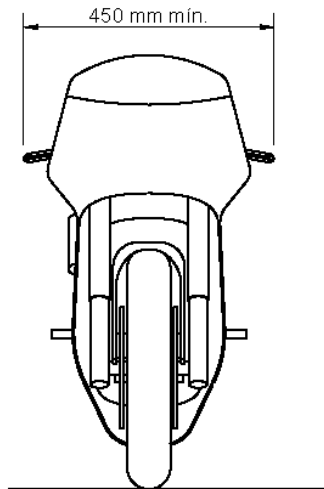
B.1.4.5 Cualquier cuestión técnica relativa a los componentes incluidos en el Kit MotoStudent deberá ser canalizada a través de la Organización. Está prohibido el contacto directo entre los equipos participantes y las empresas suministradoras para cuestiones técnicas relativas al Kit MotoStudent.

ARTÍCULO 2: REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO

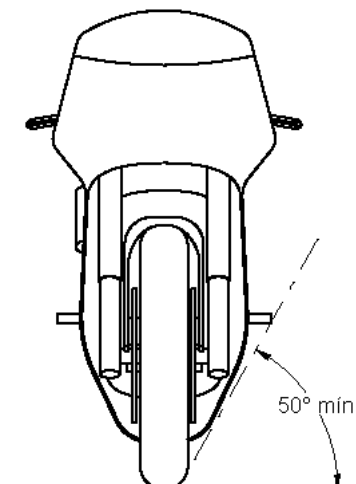
B.2.1 Dimensiones

Las dimensiones del prototipo son libres exceptuando los requisitos básicos expuestos a continuación.

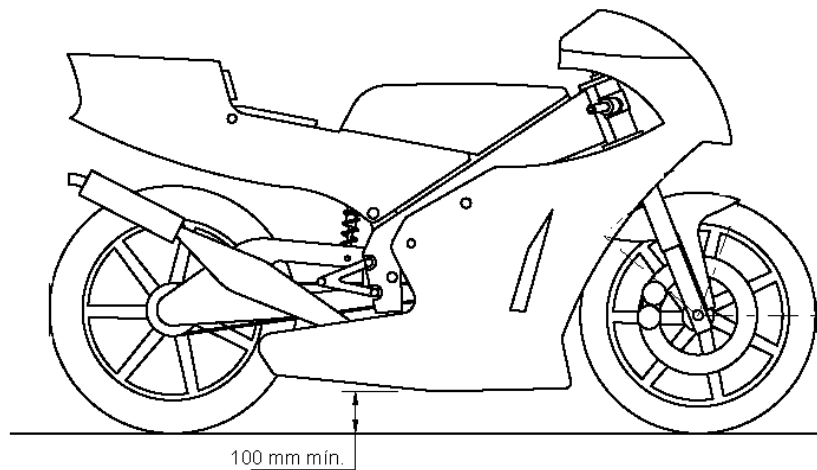
- B.2.1.1 La anchura mínima entre los extremos de los semimanillares debe ser de 450mm.



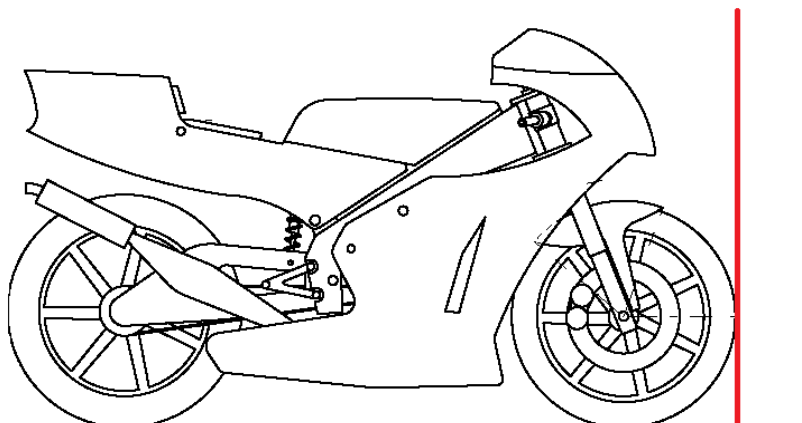
- B.2.1.2 El ángulo mínimo de inclinación lateral del prototipo sin que ningún elemento del mismo (exceptuando los neumáticos) toque el pavimento debe ser 50°. Dicha medición se realizará con el prototipo descargado (es decir, sin piloto) pero con todo el equipamiento y líquidos para su funcionamiento.



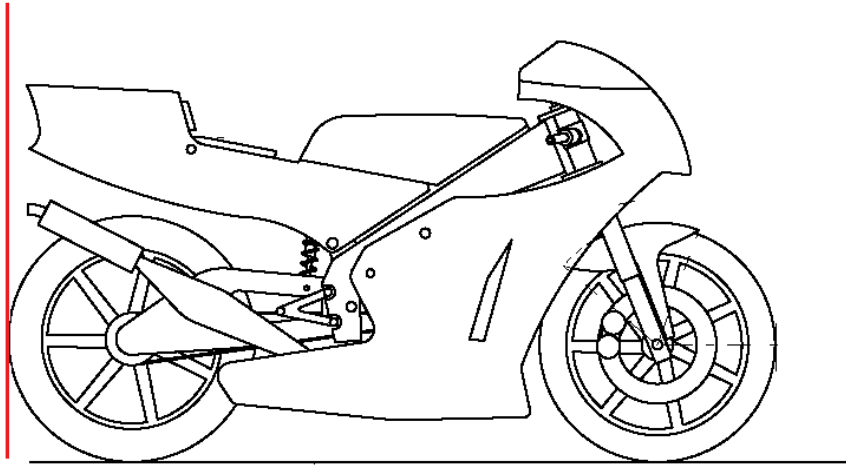
- B.2.1.3 La distancia libre al pavimento con el prototipo en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100mm en situación de reposo. Esta medición se realizará con el prototipo descargado (es decir, sin piloto), pero con todo el equipamiento y líquidos para su funcionamiento.



- B.2.1.4 Límite frontal: Ningún elemento del prototipo podrá sobrepasar la vertical frontal trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático delantero.

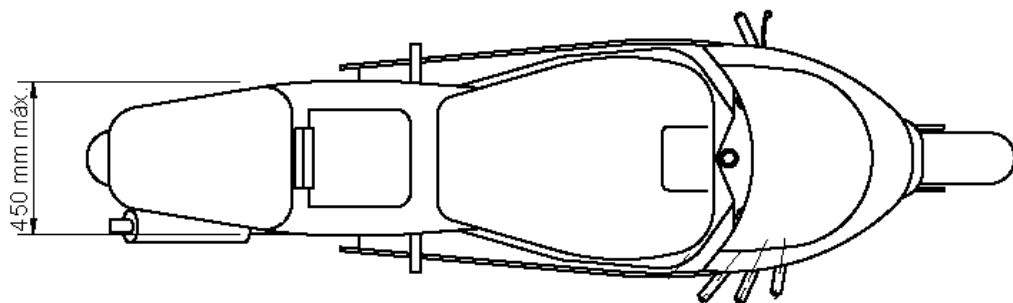


B.2.1.5 Límite posterior: Ningún elemento del prototipo podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero.

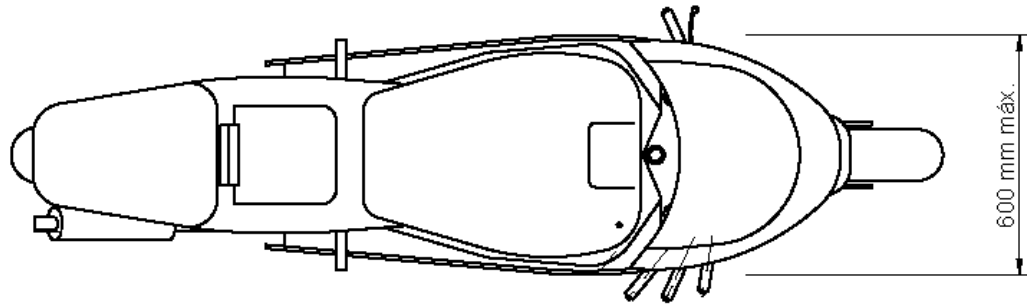


B.2.1.6 La banda de rodadura de los neumáticos deberá presentar una distancia libre mínima de 15mm a lo largo de toda su superficie a cualquier elemento del prototipo, en cualquier posición del mismo y para cualquier reglaje de geometrías.

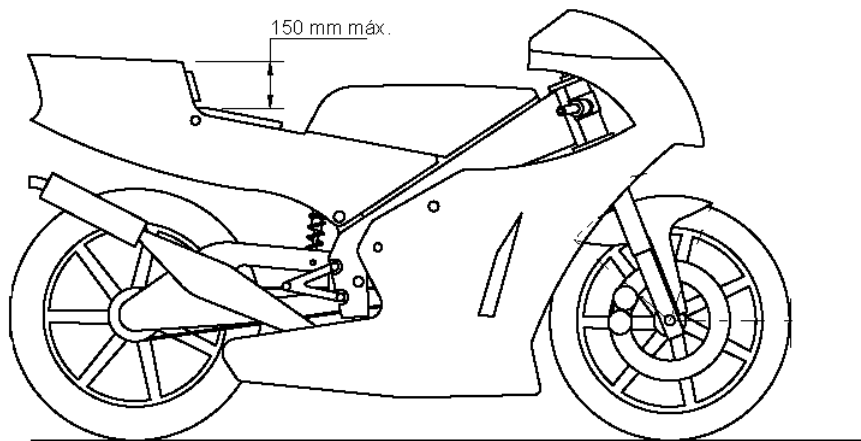
B.2.1.7 La anchura máxima del asiento no debe rebasar los 450mm. No podrá sobresalir de esa anchura ningún otro elemento del prototipo del asiento hacia atrás, excepto el sistema de escape para motos de la categoría "MotoStudent Petrol".



B.2.1.8 La anchura máxima del carenado será de 600mm.



B.2.1.9 Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín la cota máxima será de 150mm.



B.2.2 Peso

- B.2.2.1 El peso mínimo total del prototipo sin piloto será de 95 Kg para ambas categorías, incluyendo todos los líquidos que pudieran ser necesarios para el funcionamiento del prototipo.
- B.2.2.2 En cualquier momento del Evento Final, el peso total de la motocicleta debe estar por encima del peso mínimo indicado en el Art. B.2.2.1.
- B.2.2.3 El uso de lastre está permitido para alcanzar el peso mínimo. Dicho lastre debe ser declarado al Cuerpo Técnico durante las verificaciones.
- B.2.2.4 En caso de instalar lastre desmontable, éste deberá ir correctamente sujeto al chasis, de forma que no pueda desprenderse del conjunto en caso de choque o caída. Puede ser instalado mediante bridas o atornillado.

ARTÍCULO 3: CHASIS

B.3.1 Diseño

No se permite el uso de un chasis comercial, ni tan siquiera una unidad modificada. Deberá tratarse de un chasis prototipo de diseño y fabricación propia.

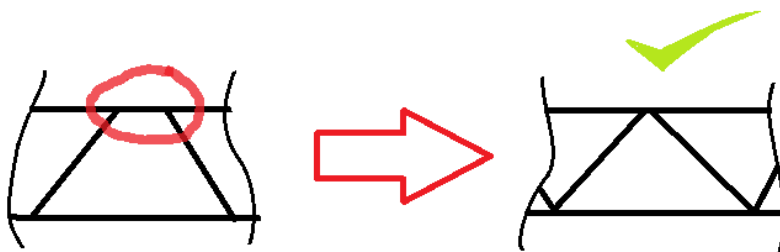
Se engloba en este artículo el chasis principal, el subchasis y el basculante.

- B.3.1.1 No hay limitaciones en el tipo de diseño o materiales utilizados para la fabricación de chasis, basculante o subchasis, siempre y cuando el resultado cumpla con la normativa impuesta en el presente Reglamento.
- B.3.1.2 En caso de duda sobre la seguridad del diseño de chasis presentado, la Organización podrá solicitar un informe justificativo de seguridad que incluya análisis por el método de elementos finitos, simulaciones u otros ensayos demostrativos.
- B.3.1.3 El chasis deberá diseñarse de forma que todos los elementos del motor, admisión de combustible y comburente, y sistemas eléctricos y electrónicos de control y seguridad queden protegidos en caso de caída.

B.3.2 Soldaduras y uniones

Está permitida la soldadura de elementos estructurales por cualquier medio, pero deberá resultar una estructura consistente.

- B.3.2.1 En las estructuras de tipo celosía se deberá buscar la correcta triangulación en los nodos de la estructura.



Ejemplo de triangulación correcta

B.3.3 Topes anticaída

- B.3.3.1 Es obligatorio el uso de topes de nailon, fibra, o materiales de dureza y/o propiedades similares para proteger el chasis y el grupo propulsor lateralmente en caso de caída.
- B.3.3.2 Los topes anticaída podrán situarse tanto en el interior como en el exterior del carenado, ejes de rueda, extremos de semimanillares u otras ubicaciones siempre que protejan lateralmente la totalidad del chasis y grupo propulsor en caso de caída.



Ejemplo de tope anticaída

ARTÍCULO 4: CARENADO

B.4.1 Requisitos generales

- B.4.1.1 Todos los bordes y acabados del carenado han de ser redondeados. Radio mínimo 1mm.
- B.4.1.2 El carenado no podrá cubrir lateralmente al piloto a excepción de los antebrazos (esta excepción solamente aplica en posición de mínima resistencia aerodinámica del piloto).
- B.4.1.3 No hay restricciones en cuanto al material de fabricación del carenado.

B.4.1.4 Se permite la instalación de alerones, siempre que no se excedan las dimensiones máximas descritas en el presente Reglamento y estén correctamente anclados al carenado. En el caso de alerones el radio mínimo de sus terminaciones será de 2,5 mm. No se permite la instalación de alerones u otros elementos aerodinámicos móviles. En caso de duda sobre la seguridad en pista por el diseño o instalación de alerones u otros elementos aerodinámicos, la decisión del Cuerpo Técnico de la Organización será inapelable.

B.4.2 Carenado inferior

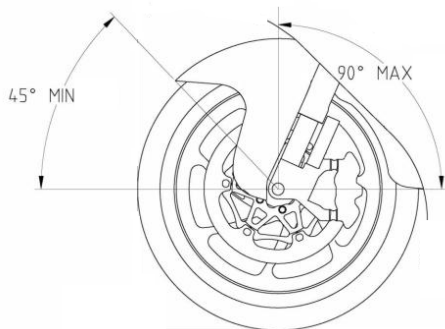
B.4.2.1 El carenado inferior o quilla debe estar fabricado para contener, en caso de incidente, al menos 2,5 litros de material líquido.

B.4.2.2 El carenado inferior o quilla deberá incluir un agujero de 25mm de diámetro, situado en el punto más bajo del mismo. Este agujero debe permanecer cerrado mediante un tapón en caso de pista seca y debe abrirse únicamente en caso de lluvia. ~~Este tapón deberá ir sujeto con alambre precintado para evitar su desprendimiento sobre la pista en caso de fallo de cierre.~~

B.4.3 Guardabarros

B.4.3.1 Es obligatoria la instalación de guardabarros delantero y trasero.

B.4.3.2 El guardabarros delantero no podrá cubrir más de 135° de la circunferencia del neumático medido desde la parte posterior del neumático con origen del ángulo en la horizontal del eje de rueda. Las zonas de anclaje de guardabarros a la horquilla delantera, las cubiertas de horquilla o las de discos de freno podrán exceder dicha restricción.



B.4.3.3 La llanta posterior no se podrá cubrir en más de 180°.

B.4.4 Protección frente al atrapamiento.

- B.4.4.1 Si por su diseño, el basculante no cubre la zona inferior de la cadena o correa de transmisión, se deberá instalar un protector que prevenga atrapamientos entre el recorrido inferior de la cadena o correa y la corona de transmisión.

ARTÍCULO 5: MANILLARES Y ESTRIBERAS

B.5.1 Manillares y mandos manuales

- B.5.1.1 No está permitido el uso de manillares o semimanillares contruidos en aleación ligera, como el magnesio y el titanio.
- B.5.1.2 Los soportes del manillar o semimanillar deberán estar diseñados con el fin de minimizar el riesgo de fractura en caso de caída.
- B.5.1.3 Se deberán utilizar radios mínimos de 2 mm en las piezas que conformen los manillares y sus anclajes.
- B.5.1.4 El puño del acelerador ha de ser de retorno automático de manera que se asegure el corte de alimentación en caso de que el piloto suelte el mismo.
- B.5.1.5 La leva manual de embrague (en caso de equiparla) es de elección libre, siempre y cuando la longitud máxima entre el punto de palanca y el extremo no exceda de 200mm y los bordes y las terminaciones sean redondeadas.
- B.5.1.6 La instalación de un protector de maneta de freno delantero es obligatoria. Este protector deberá proteger a la maneta de una activación accidental en caso de contacto con otro prototipo. Además de protecciones específicas sujetas a los manillares, también se aceptará como protección una extensión del carenado suficiente para cubrir la maneta de freno (vista desde frente).



Ejemplos de protectores de maneta de freno delantero

B.5.1.7 El pulsador del arranque eléctrico deberá estar colocado en el manillar.

B.5.2 Estriberas y sus mandos

B.5.2.1 Las estriberas pueden montarse fijas o de tipo “plegable en caso de caída”. En el caso de utilizar estriberas plegables éstas deberán incorporar un dispositivo que las retorne a la posición normal, así como evitar un fácil plegado en carrera. En posición de reposo sin el piloto, las estriberas deberán permanecer desplegadas en todo momento.

B.5.2.2 El extremo de cada estribera debe presentar terminaciones redondeadas, hasta un radio mínimo esférico de 8mm.

B.5.2.3 Se recomienda la instalación en el extremo de cada estribera de un tapón de aluminio, plástico, teflón o cualquier otro material equivalente en cuanto a dureza, fijado de forma permanente.

B.5.2.4 Las estriberas deberán disponer de protectores laterales para evitar que la bota del piloto pueda interferir con elementos móviles como cadena o neumático trasero.

B.5.2.5 La leva de pie para el accionamiento del freno trasero es de elección libre.

B.5.2.6 La leva de accionamiento del cambio de marchas (si la incorpora) es de elección libre.

ARTÍCULO 6: SISTEMA DE FRENADO

El prototipo deberá disponer de sistema de frenado por discos y de accionamiento hidráulico tanto en eje delantero como trasero.

La Organización suministrará, dentro del Kit MotoStudent, los siguientes componentes del sistema de frenado:

- Pinza delantera
- Pinza Trasera
- Bomba delantera de mano
- Bomba trasera de pie

La información relativa a estos componentes será suministrada a todos los equipos participantes.

B.6.1 Comando y control

- B.6.1.1 No se permiten sistemas de freno combinados. El sistema delantero y el trasero deben ser completamente independientes uno del otro.
- B.6.1.2 El sistema de frenado para el eje delantero se deberá comandar por sistema de leva manual instalada junto al puño de aceleración, en el lado derecho del manillar.
- B.6.1.3 El sistema de frenado para el eje trasero se deberá comandar por sistema de leva de pie instalada en la zona de apoyo o estribera del pie derecho del piloto.

B.6.2 Discos

- B.6.2.1 Los discos de freno son de elección libre.
- B.6.2.2 Los discos de freno serán de aleaciones de acero. Queda totalmente prohibida la utilización de discos de freno de carbono o compuesto cerámicos.
- B.6.2.3 Está prohibido el uso de discos ventilados interiormente.
- B.6.2.4 Los discos de freno deberán instalarse obligatoriamente sobre la llanta delantera y trasera.

B.6.2.5 Se permite la instalación de separadores de disco de freno entre la llanta y el disco.

B.6.3 Pinzas de freno

Es obligatorio el uso de las pinzas de freno suministradas por la Organización, tanto en el eje delantero como trasero.

B.6.3.1 La pinza de freno trasera debe instalarse con al menos algún elemento de anclaje directo al basculante.

B.6.3.2 Se permite el montaje de la pinza de freno trasera mediante sistema de soporte libre sujeto por el eje de rueda trasera, siempre y cuando el sistema cuente con al menos una fijación directa al basculante, tal y como indica el Art. B.6.3.1.

B.6.3.3 Las pastillas de los frenos delantero y trasero son de elección libre.

B.6.3.4 Los pasadores de las pastillas de freno delantero y trasero pueden sustituirse. Está permitido cualquier sistema de cambio rápido de pastillas.

B.6.3.5 No se autorizan conductos suplementarios de refrigeración practicados en la pinza.

B.6.3.6 No está permitida la modificación del cuerpo de las pinzas de freno entregadas por la Organización. No se permite la realización de rebajes ni chaflanes. Por lo tanto, los equipos deberán escoger o adaptar los anclajes para la correcta instalación de las pinzas entregadas.

B.6.4 Bombas de freno

Es obligatorio el uso de las bombas de freno suministradas por la Organización, tanto en el eje delantero como trasero.

B.6.4.1 Los conductos externos incluidos con las bombas suministradas pueden ser modificados o sustituidos.

B.6.4.2 La leva de activación de la bomba de freno delantero no puede ser sustituida o modificada.

B.6.5 Conductos de freno

- B.6.5.1 Los latiguillos de freno son de configuración libre.
- B.6.5.2 El paso del latiguillo para la pinza de freno delantera debe hacerse por delante de la tija de dirección inferior.
- B.6.5.3 Están permitidos los conectores rápidos en los latiguillos de freno.

B.6.6 Sistema ABS

El uso de sistema de frenos antibloqueo (ABS) no está permitido.

B.6.7 Líquido de frenos

El líquido hidráulico del sistema de frenos es de elección libre.

ARTÍCULO 7: SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Los sistemas de suspensión son de configuración libre, a excepción de las pautas expuestas a continuación.

B.7.1 Aspectos generales

- B.7.1.1 Están prohibidos aquellos sistemas de suspensión activos o semi-activos y /o controles electrónicos de cualquier parámetro de la suspensión, incluyendo aquellos que controlen la regulación de altura.
- B.7.1.2 Los reglajes de suspensión sólo pueden ser realizados de manera manual y mediante ajustes mecánicos o hidráulicos.
- B.7.1.3 La Organización podrá no aceptar la participación de un prototipo cuyo sistema de suspensión se determine peligroso para su participación en las pruebas en pista.

B.7.2 Suspensión delantera

- B.7.2.1 Se permiten sistemas de suspensión delantera de cualquier tipo: horquilla convencional, horquilla invertida, telelever, duolever, basculante delantero, etc. Se permiten tanto sistemas comerciales como de diseño propio o modificados.
- B.7.2.2 El conjunto de suspensión delantera podrá disponer de cualquier sistema de ajuste mecánico o hidráulico, como por ejemplo regulación de precarga del muelle, regulación de compresión, extensión o rebote.

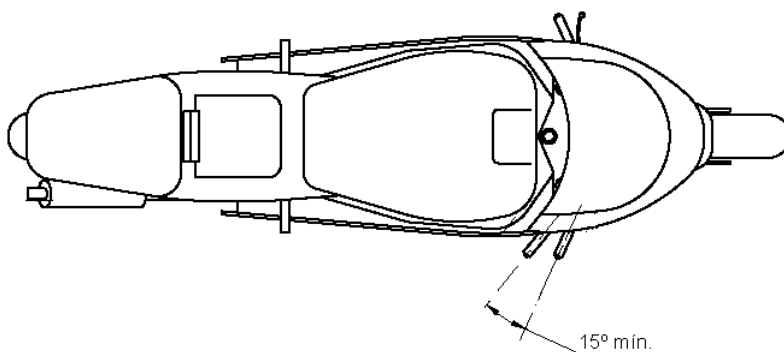
B.7.3 Suspensión trasera

- B.7.3.1 Se permiten sistemas de suspensión trasera de cualquier tipo. Se permiten tanto sistemas comerciales como de fabricación propia o modificados.
- B.7.3.2 El conjunto de suspensión trasera podrá disponer de sistemas de ajuste mecánicos o hidráulicos, tales como regulación de precarga del muelle, regulación de compresión, extensión o rebote.

ARTÍCULO 8: SISTEMA DE DIRECCIÓN

B.8.1 Restricciones y geometría

- B.8.1.1 El ángulo de giro mínimo de la dirección deberá ser de 15° medidos a cada lado del eje longitudinal del prototipo.



B.8.1.2 El ángulo de giro deberá ir limitado con topes en ambos lados. Dichos topes deberán estar fabricados en nailon, aluminio o materiales de dureza similar. Ni el chasis, ni cualquier otro componente del prototipo podrá actuar como tope de dirección.

B.8.1.3 En todo el recorrido de la dirección no deberá existir ningún elemento que interfiera en una tolerancia de 30mm entorno a los puños del manillar y accionamientos. El objetivo es evitar daños en las manos y dedos del piloto en caso de caída.

B.8.2 Amortiguadores de dirección.

B.8.2.1 Se permite la instalación de amortiguadores de dirección.

B.8.2.2 Los reglajes de los amortiguadores de dirección sólo pueden ser realizados de manera manual y mediante ajustes mecánicos/hidráulicos.

B.8.2.3 El amortiguador de dirección no puede actuar como tope de limitación del ángulo de giro.

ARTÍCULO 9: LLANTAS Y NEUMÁTICOS

B.9.1 Llantas

Las llantas serán de elección libre por parte de cada equipo.

B.9.1.1 Las medidas de las llantas (considerando las zonas habilitadas para el anclaje de neumáticos) deberán ser:

- Llanta delantera: 2,5" x 17"

- Llanta trasera: 3,5" x 17"

B.9.1.2 No se permiten llantas fabricadas con composites (como fibra de carbono o fibra de vidrio reforzada). Los únicos materiales permitidos para las llantas son acero, aluminio o magnesio.

B.9.1.3 Está permitido el uso de protectores de nailon en los extremos del eje de rueda ante posibles caídas. Estos protectores deberán ser redondeados con un diámetro igual o superior al eje utilizado.

B.9.1.4 Los ejes de rueda no podrán sobresalir de su alojamiento en sus extremos más de 30mm. No se consideran en esta medida posibles protectores de nailon (Ver Art. B.9.1.3).

B.9.2 Neumáticos

Sólo los neumáticos procedentes del Suministrador Oficial en el año vigente se pueden utilizar en MotoStudent. La Organización entregará un juego de slicks de seco (delantero y trasero) a cada equipo en el Kit MotoStudent.

La información técnica relativa al set de neumáticos oficiales será remitida a todos los equipos participantes en la Competición.

B.9.2.1 Si se desean más neumáticos tanto de seco como de lluvia se podrán adquirir a través de la Organización. El montaje de sets durante el Evento Final estará limitado a 1 set adicional al entregado inicialmente.

B.9.2.2 Está permitido el uso de calentadores de neumáticos.

ARTÍCULO 10: SISTEMAS ELECTRÓNICOS

B.10.1 Sistemas electrónicos de ayuda a la conducción.

B.10.1.1 No está permitido el uso de sistemas electrónicos de control o ayuda que aporten claramente una ventaja en la conducción, tales como control de tracción, ABS, sistemas anti-wheelie, etc.

B.10.2 Sistemas de información para el piloto

B.10.2.1 Los sistemas de información y alertas utilizados para el piloto en el dashboard son de configuración libre.

B.10.3 Sistemas de adquisición de datos

Está permitido el uso de sistemas de adquisición de datos relativos a parámetros de motor, dinámica de la motocicleta y comportamiento del piloto.

B.10.3.1 Se permite la utilización de todo tipo de sensores, siempre que su instalación no afecte a ninguna norma del presente Reglamento Técnico.

B.10.3.2 Están prohibidos los sistemas de lectura de telemetría en directo. Las lecturas de datos adquiridos sólo podrán hacerse en las paradas en box. Se permiten sistemas de descarga mediante conexión directa por cable a ordenador u otros sistemas inalámbricos (como Bluetooth o Wifi) siempre y cuando se realicen las descargas exclusivamente en las paradas en box.

B.10.3.3 Todos los componentes y cableados del sistema de adquisición de datos deberán ir correctamente fijados y colocados en zonas seguras.

B.10.4 Transponder

Con anterioridad a la realización de las pruebas MS2 en el Evento Final, la Organización entregará a los equipos un transponder que deberá ser instalado en el prototipo.

B.10.4.1 Para recibir el transponder, en el momento de la entrega el equipo deberá dejar una fianza de 50€ a la Organización, que será devuelta, si no ocurre ningún percance por mal uso a su devolución al final del Evento.

B.10.4.2 El transponder deberá fijarse correctamente mediante bridas en la botella de suspensión izquierda de la horquilla delantera, enfocado hacia el exterior del prototipo, y en una zona fácilmente accesible. En caso de que el diseño del prototipo no permita esta colocación, el Cuerpo Técnico de la Organización indicará al equipo la ubicación correcta.

B.10.5 Cámaras on-board

Para la instalación de cámaras on-board durante las pruebas, se deberá solicitar permiso previamente a la Organización de la Competición.

B.10.5.1 La instalación de cámaras on-board durante las pruebas MS2 deberá ser aprobada tanto por el Cuerpo Técnico de la Organización como por el organismo de Dirección de Carrera.

B.10.5.2 La instalación de cámaras on-board sólo será posible durante las pruebas dinámicas 1, 2 y 3 de la Fase MS2. No se permite la instalación de cámaras on-board durante las sesiones de entrenamientos y carreras.

B.10.5.3 En caso de instalar cámaras on-board para la realización de las pruebas descritas en el Art. B.10.5.2, el Cuerpo Técnico de la Organización deberá comprobar y autorizar previamente la correcta instalación.

B.10.6 Luz trasera de seguridad.

Todos los prototipos deben llevar una luz roja trasera, funcional, en caso de condiciones de lluvia o baja visibilidad. El Equipo debe asegurarse de que la luz está encendida en cualquier momento dentro de pista o pit lane siempre que esté montado un neumático de lluvia. Todas las luces deben cumplir lo siguiente:

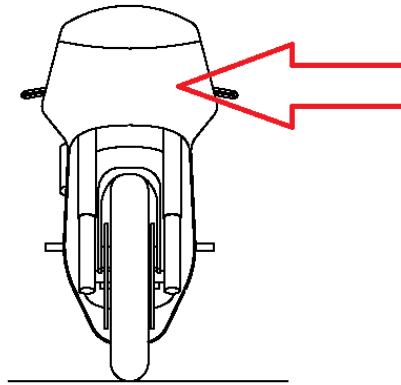
- a) La dirección de la luz debe ser paralela a la dirección de marcha de la moto y ser claramente visible desde detrás.
- b) La luz debe ser montada cerca del final del asiento/carenado posterior y aproximadamente en el centro del vehículo, en una posición aprobada por la organización. En caso de discrepancia acerca de la posición de la luz o su visibilidad, la decisión de la Organización será la final.
- c) Potencia de la luz/ luminosidad equivalente aproximadamente a: 10 – 15W (incandescente), 0.6 – 5W (LED).
- d) La salida será continua – no se permiten luces parpadeantes en pista, éstas últimas son permitidas en pit lane, cuando el limitador de velocidad está activo.
- e) La fuente de alimentación de la luz trasera de seguridad puede ser diferente a la de la moto.
- f) La Organización tiene derecho a rechazar cualquier luz que no cumpla el propósito de seguridad.

ARTÍCULO 11: DORSALES, IDENTIFICACIÓN Y PUBLICIDAD

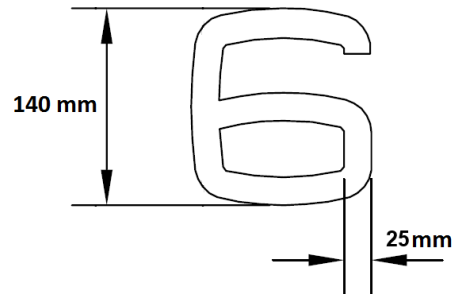
B.11.1 Dorsales

Cada prototipo deberá incluir sobre el carenado 3 dorsales identificativos, de acuerdo al número de dorsal asignado a cada equipo según Art.A.3.4.3.

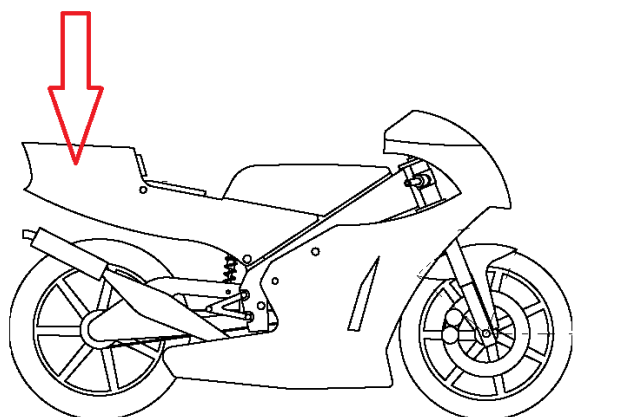
B.11.1.1 El dorsal delantero debe estar colocado en la parte frontal del carenado. Puede colocarse tanto en la parte central como ladeado, siempre que sea perfectamente legible.



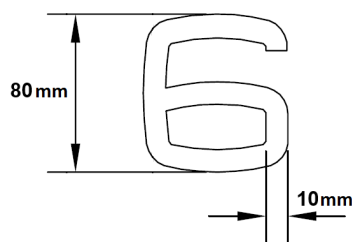
B.11.1.2 En el dorsal delantero, las medidas mínimas de cada carácter serán de 140mm de alto y el grueso mínimo del trazo del número será de 25mm. La separación mínima entre caracteres será de 10mm.



B.11.1.3 Deberá figurar un dorsal en cada lateral, situado en ambos lados de la parte trasera del carenado (colín).



B.11.1.4 En los dorsales laterales, las medidas mínimas de cada carácter serán de 80mm de alto y el grueso mínimo del trazo del número será de 10 mm. La separación mínima entre caracteres será de 5mm.



B.11.1.5 Los números de dorsal deberán ser íntegramente de color negro. Ninguna combinación de colores está permitida.

B.11.1.6 La tipografía utilizada para los números de dorsal es libre, siempre y cuando el Cuerpo Técnico de la Organización la considere legible. No se permite la inclusión de grafismos o logotipos en el dorsal.

B.11.1.7 El fondo de todos los dorsales de la moto deberá ser un área continua homogénea de color blanco, y deberá abarcar un área que englobe al menos hasta 25 mm en torno a los números.

B.11.2 Identificación

B.11.2.1 En todos los prototipos deberá estar visible el nombre, logotipo o iniciales de la universidad a la que representa, ocupando un área con una altura y anchura mínimas de 100mm.

B.11.2.2 Deberá habilitarse un espacio en la parte derecha del chasis (en dirección de la marcha), orientado hacia el exterior, para fijar los adhesivos de verificaciones

previas. Los adhesivos deberán ser visibles con el carenado montado. La Organización colocará 3 adhesivos rectangulares de un tamaño no superior a 3 x 3 cm.



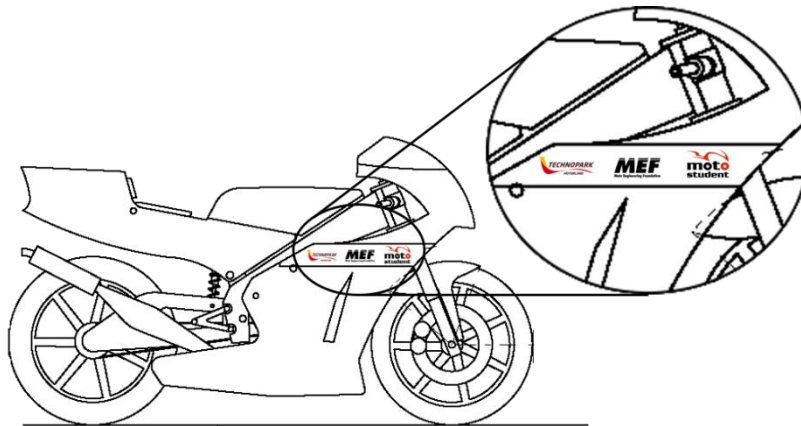
Ejemplos orientativos de pegatinas de Verificaciones

B.11.2.3 Cada prototipo deberá llevar grabado un número identificativo en el chasis, proporcionado dicho código por la Organización y grabado por cada equipo en el lado izquierdo del prototipo. El código deberá ser perfectamente visible con el carenado montado.

B.11.3 Logotipos de la Competición y publicidad

B.11.3.1 En la rotulación final del prototipo, todos los equipos participantes deberán incluir en la parte superior del carenado lateral una franja que deberá cumplir las siguientes especificaciones:

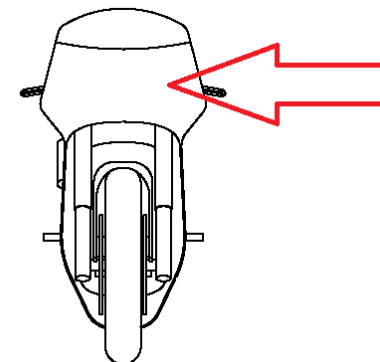
- La franja deberá ser de color blanco.
- Sobre la franja deberán incluirse los logotipos de MotoStudent genérico, MEF y TechnoPark MotorLand, en los colores originales. El diseño de estos logotipos será suministrado anteriormente por la Organización a todos los equipos.
- Esta franja deberá cruzar desde la parte posterior del carenado lateral hasta la parte frontal, La altura mínima de la franja blanca será de 70mm y la longitud la definirá el diseño de carenado escogido. La inclinación es libre, aunque se recomienda situarla lo más horizontal posible.
- Los logotipos deberán disponerse en orden simétrico en ambos laterales, según el orden de la figura orientativa mostrada a continuación. De la parte frontal a la posterior deberán seguir el orden MotoStudent – MEF – TechnoPark MotorLand en ambos laterales.
- La anchura mínima de los logotipos será de 50mm.



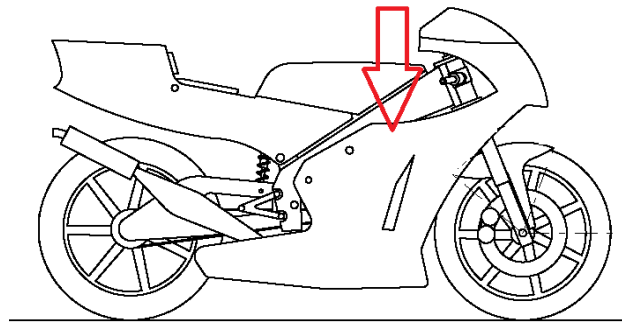
Franja blanca con logotipos obligatorios

B.11.3.2 Aparte de la franja descrita en el Art.B.11.3.1 se deberán dejar tres espacios para incluir una serie de adhesivos que colocará la Organización durante el Evento Final. Estos adhesivos tendrán una superficie máxima de 150mm de ancho x 100mm de alto y serán proporcionados por la Organización. Su ubicación será:

- Un adhesivo en la parte frontal del carenado, en las proximidades del dorsal delantero, debajo de la cúpula.



- Un adhesivo en cada lateral del carenado, en la parte superior delantera.



B.11.3.3 Si el equipo no respetara los espacios indicados en el presente artículo para la colocación de adhesivos por parte de la Organización, ésta tomará la decisión de colocarlos en el espacio que mejor convenga, independientemente de si se superpone sobre cualquier otro logotipo existente, publicidad, o elemento del carenado, sin posibilidad de apelación por parte del equipo.

B.11.3.4 Está terminante prohibido incluir publicidad de bebidas alcohólicas o tabaco en el prototipo o en cualquier otro tipo de medio corporativo del equipo.

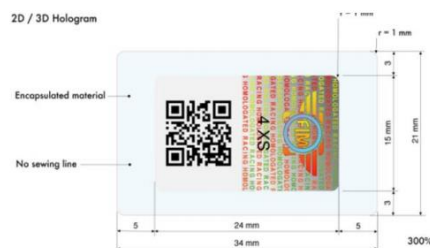
B.11.3.5 Está terminante prohibido incluir publicidad u otro tipo de mensajes que atenten contra la dignidad humana (violencia, intolerancia, xenofobia, racismo, etc.) o que puedan herir la sensibilidad de las personas, tanto en el prototipo como en cualquier otro tipo de medio corporativo del equipo. Así mismo la Organización se reserva el derecho de revisar y analizar el contenido publicitario y prohibirlo si así lo estimara oportuno.

ARTÍCULO 12: EQUIPACIÓN DEL PILOTO

B.12.1 Casco

B.12.1.1 El piloto deberá usar un casco que cumpla con las correspondientes homologaciones:

a) FHRPhe-01



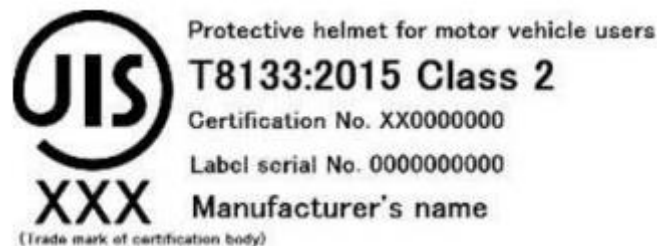
b) ECE 22-05 "P" o ECE 22.06



c) SNELL M 2015 o MD2020D o 2020R



d) JIS T 8133:2015



B.12.1.2 Está permitido el uso de láminas cubrepantallas desechables (tear-off).

B.12.1.3 La pantalla debe estar fabricada en un material inastillable.

B.12.1.4 El casco deberá estar correctamente ajustado y abrochado durante la realización de las pruebas MS2.

B.12.2 Ropa de seguridad

B.12.2.1 El piloto deberá ir equipado con un mono entero de una pieza, preferiblemente de piel u otro material de gran resistencia, que cubra por completo torso y extremidades, y ofrezca protección especial de codos y rodillas.



B.12.2.2 Se recomienda el uso de mono con protector de columna vertebral.

B.12.2.3 Es obligatorio el uso de botas de protección de piel o material similar.

B.12.2.4 Es obligatorio el uso de guantes de piel con protecciones para los dedos.

B.12.2.5 Se recomienda el uso de ropa interior homologada para competición.

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN C: REGLAMENTO TÉCNICO ESPECÍFICO PARA LA CATEGORÍA “MOTOSTUDENT PETROL”

ARTÍCULO 1: MOTOR

La Organización suministrará un motor de combustión interna común para los equipos inscritos en la categoría MotoStudent Petrol.

C.1.1 Precintado

Es obligatorio el uso del motor proporcionado por la Organización. El motor se entregará precintado por la Organización y queda totalmente prohibida su manipulación interna. Cualquier precinto roto o deteriorado será causa de disconformidad técnica.

- C.1.1.1 En caso de avería o mal funcionamiento de alguna parte interna a la que no se permita el acceso el equipo deberá comunicarlo a la Organización, que tomará las medidas oportunas.

C.1.2 Características del motor

La información técnica sobre el motor será remitida por la Organización a todos los equipos inscritos en la Competición.

- C.1.2.1 El motor entregado por la Organización tendrá una cilindrada comprendida entre 240cc y 340cc.
- C.1.2.2 El motor entregado por la Organización dispondrá de un sistema interno de refrigeración líquida.

C.1.3 Cáster, culata y bloque motor

- C.1.3.1 No se permite la modificación interna o externa del conjunto del motor.
- C.1.3.2 No se permite la modificación del bloque motor, ni si quiera en sus anclajes. Se deberán diseñar los soportes del chasis para el motor en función de la geometría original de éste.
- C.1.3.3 No se permite la modificación de los conductos de refrigeración originales del motor. Se deberá adaptar el sistema de refrigeración externa en función de los conductos originales del motor.

- C.1.3.4 No se permite la modificación de los conductos y toberas de admisión y escape del propio bloque motor. Los sistemas de admisión y escape deberán adaptarse a su geometría y dimensiones.
- C.1.3.5 Se permite la instalación de cubiertas o tapas protectoras de motor, siempre y cuando su instalación no suponga la modificación estructural del motor, pudiendo utilizar como anclaje los alojamientos de los tornillos originales de las tapas o cárteres del motor. En ningún caso las tapas protectoras podrán cubrir los precintos o etiquetas de la Organización, ni cualquier referencia identificativa grabadas sobre el motor.
- C.1.3.6 La bomba de aceite original integrada en el bloque motor no puede modificarse.
- C.1.3.7 La bomba de agua original integrada en el bloque motor no puede modificarse.

C.1.4 Modificaciones

- C.1.4.1 Cualquier cambio o modificación sobre el motor que no esté precisado en este Reglamento, no está permitido.
- C.1.4.2 En caso de disputa sobre estas modificaciones, la decisión de la Organización será definitiva.

ARTÍCULO 2: SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE

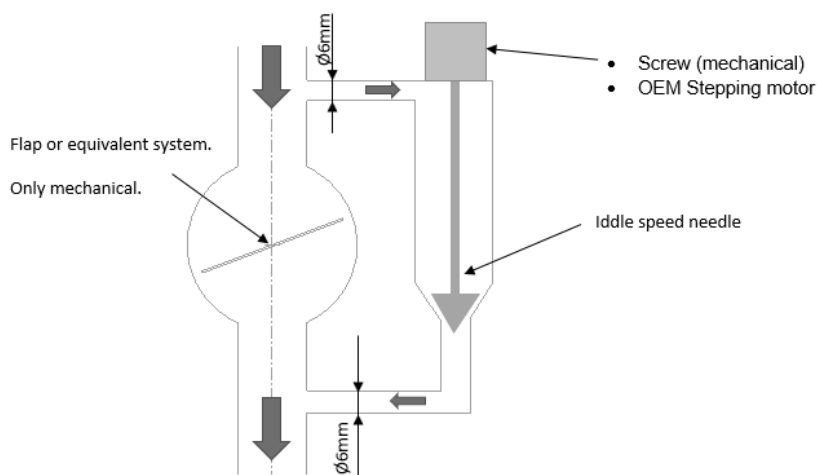
C.2.1 Conductos de admisión

La composición, dimensiones y situación de los conductos de admisión de aire son libres siempre que éstas cumplan los requerimientos dimensionales de las cotas generales del prototipo.

- C.2.1.1 No se permite la instalación de dispositivos móviles en el sistema de admisión antes de las válvulas de admisión a la cámara de combustión, a excepción del carburador o cuerpo de mariposa-inyección.
- C.2.1.2 Sólo se permite la presencia de mezcla aire-combustible y gases recirculados del motor en los conductos de admisión. No está permitida la inyección adicional de otros elementos como etanol, metanol, agua, etc.

C.2.2 Mariposa de admisión

C.2.2.1 Sólo se permite una mariposa o sistema mecánico equivalente, que deberá ser accionada exclusivamente por medios mecánicos (por ejemplo, cable) manejados por el piloto. Puede ser implementado un bypass para el control del régimen de ralentí del motor. Puede ser regulado manualmente o electrónicamente, usando el motor paso a paso suministrado con el cuerpo de inyección original KTM, y directamente conectado a la centralita KTM. El diámetro máximo de la entrada y salida del bypass será de 6mm. No se permiten otros elementos móviles en el conducto de admisión.



C.2.2.2 Ninguna interrupción de la conexión mecánica entre el accionamiento del piloto y el acelerador está permitida.

C.2.3 Sistemas de sobrepresión

Está prohibido el uso de sistemas “turbo” para el aumento de presión de gases en la admisión. Únicamente se permite el aprovechamiento aerodinámico del movimiento del vehículo mediante el uso de tomas de aire.

C.2.4 Airbox y filtración de aire.

El diseño de la caja de admisión de aire es libre.

C.2.4.1 El elemento filtrante del aire de admisión es de libre elección.

C.2.5 Recirculación de gases

Se permite la recirculación de gases de respiración del motor.

- C.2.5.1 Se permite la instalación de un sistema de recirculación de gases cerrado que dirija los gases sobrantes desde el bloque motor al sistema de admisión. Estas líneas de respiración del motor pueden pasar a través de un depósito de filtración y captura de aceite.
- C.2.5.2 En caso de no instalar el sistema de recirculación indicado en el Art.C.2.5.1 deberá instalarse un conducto de respiración que descargue los restos de aceite en un depósito de al menos 200cc, específicamente instalado para dicha función.
- C.2.5.3 En ningún caso los gases sobrantes sin filtración previa de restos de aceite podrán descargarse directamente sobre la pista o sobre cualquier parte del prototipo no indicada en este artículo.

ARTÍCULO 3: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

C.3.1 Depósito de combustible

- C.3.1.1 Los depósitos de combustible, independientemente del diseño o material de fabricación, deberán ir completamente rellenos con espuma retardante de llama tipo mousse (preferiblemente Explosafe o una espuma similar).



Ejemplo de espuma retardante de llama

- C.3.1.2 Es obligatoria la instalación de un conducto de respiración en el depósito para prevenir posibles sobrepresiones. Este conducto deberá estar provisto de una válvula de retención que permita el paso libre de aire (gases de gasolina) pero bloquee el paso de líquidos (gasolina), para evitar derrames de gasolina en caso de accidente. La salida de los tubos de aireación debe hacerse en un

recipiente recuperador específico para este uso, el cual debe tener una capacidad mínima de 250cc.

- C.3.1.3 En el caso de los depósitos “no metálicos” (fabricados en fibra de carbono, fibra de aramida, fibra de vidrio, materiales poliméricos, etc.) es obligatoria la instalación de un segundo depósito interno adicional de goma o resina. Si los depósitos no metálicos disponen de homologación FIM (demostrable con la etiqueta FIM correspondiente) no será obligatoria la instalación de esta vejiga interior. El fin de esta vejiga interior de seguridad es impedir el derrame de carburante al exterior en caso de rotura del depósito.
- C.3.1.4 La cota más baja del depósito de combustible deberá situarse por encima de la altura de las válvulas de admisión del motor.
- C.3.1.5 El tapón del depósito de gasolina debe poseer un sistema de apertura y cierre manual “de rosca”. Se prohíben los tapones de cierre con llave.
- C.3.1.6 El tapón del depósito de combustible deberá garantizar un cierre estanco, que impida la posibilidad de fugas de combustible en caso de caída.

C.3.2 Conductos de combustible

Todos los conductos de combustible entre el depósito y el carburador o el sistema de inyección deberán estar provistos de al menos un válvula con autocierre (conector rápido) de seguridad, de manera que en caso de desprendimiento del depósito de la motocicleta sea el conector el que se desconecte y cierre y no otras uniones del conducto. Para la apertura del conector la fuerza aplicada deberá ser, máximo, el 50% de la fuerza necesaria para desprender cualquier otra unión o para la rotura del material componente del conducto.



Ejemplo de conector rápido con autocierre

C.3.3 Sistema de inyección

- C.3.3.1 Se permite la sustitución o modificación del sistema de alimentación original del motor suministrado. Están permitidos tanto sistemas de carburación como de inyección.

C.3.3.2 El inyector de combustible deberá estar instalado antes de las válvulas de admisión del cilindro. No se permite la inyección directa en la cámara de combustión.

C.3.3.3 Se permite la instalación de un único inyector.

C.3.3.4 Se permite la instalación de una única bomba de suministro de combustible. No hay restricciones sobre el tipo de bomba a instalar.

C.3.4 Refrigeración de carburante

No está permitido el enfriamiento artificial del carburante. Únicamente podrá utilizarse el diseño aerodinámico para la refrigeración del sistema de combustible.

C.3.5 Presión de combustible

La presión de combustible no debe superar los 5 bares en ningún punto del circuito de alimentación.

C.3.5.1 La operación de llenado de combustible debe hacerse desde un recipiente no presurizado.

C.3.5.2 Está prohibido presurizar artificialmente el depósito de carburante.

ARTÍCULO 4: GASOLINA Y LUBRICANTES

C.4.1 Gasolina

La gasolina establecida para la Competición será sin plomo de 98 octanos (o menos). Durante el Evento Final únicamente podrá utilizarse la Gasolina Oficial distribuida por la Organización.

La información técnica y los precios de venta de la Gasolina Oficial serán remitidos por parte de la Organización a todos los equipos.

- C.4.1.1 Cualquier alteración del combustible con aditivos o cualquier otro tratamiento está prohibida.
- C.4.1.2 En cualquier momento durante el Evento Final la Organización podrá requerir muestras de gasolina. En caso de no utilizar la Gasolina Oficial el equipo podrá ser descalificado de la prueba en proceso o incluso de la Competición.
- C.4.1.3 Se deberá tener en cuenta que la composición de la gasolina cumplirá con los requerimientos químicos establecidos en la Unión Europea. Los países no pertenecientes a la Unión Europea pueden encontrar diferente composición química de los lubricantes, por lo que se recomienda tener en cuenta este factor a la hora de realizar el setup y ajustes del prototipo.

C.4.2 Aceite lubricante de motor

El aceite lubricante a utilizar es de elección libre.

- C.4.2.1 La instalación de radiadores para refrigeración de aceite no está permitida.

ARTÍCULO 5: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

C.5.1 Sistemas de refrigeración

- C.5.1.1 El diseño y construcción del sistema de refrigeración exterior al bloque motor es de configuración libre.
- C.5.1.2 El número, la situación, el tamaño y la composición de los radiadores de líquido refrigerante son libres, siempre y cuando cumplan con los requerimientos dimensionales de las cotas generales del prototipo.

C.5.2 Líquidos refrigerantes

- C.5.2.1 Sólo se podrá utilizar agua destilada como líquido refrigerante.
- C.5.2.2 Está prohibida la utilización de aditivos en el agua destilada.

ARTÍCULO 6: DISEÑO DE SISTEMA DE ESCAPE

C.6.1 Sistema de escape

C.6.1.1 El diseño del sistema de escape es libre siempre que cumpla los requerimientos dimensionales generales del prototipo y la normativa de sonoridad.

C.6.1.2 No se permiten partes móviles en el sistema de escape a partir de las válvulas de escape del motor (por ejemplo válvulas adicionales, deflectores, etc.).

C.6.2 Sonoridad

La sonoridad de escape máxima permitida será de 105 dB/A medidos de manera estática a 5.000 RPM.

ARTÍCULO 7: SISTEMA DE TRANSMISIÓN

C.7.1 Embrague

El tipo de embrague original debe mantenerse.

C.7.1.1 Los discos de embrague pueden remplazarse.

C.7.1.2 Los muelles de embrague pueden reemplazarse.

C.7.1.3 La campana de embrague puede reemplazarse.

C.7.1.4 Se permite la instalación de sistemas de embrague con deslizamiento limitado (tipo anti-patinaje o anti-rebote).

C.7.2 Caja de cambios

La caja de cambios original está integrada en el motor suministrado y comparte sistema de lubricación con el propio motor.

C.7.2.1 La caja de cambios original no puede ser sustituida ni modificada.

C.7.2.2 Están autorizados los sistemas externos de cambio rápido de velocidades tipo quickshift.

C.7.3 Transmisión secundaria

C.7.3.1 Únicamente se permiten sistemas de transmisión secundaria por cadena.

C.7.3.2 El piñón original de salida de la caja de cambios incluido en el motor puede sustituirse. Se permite la variación de geometría y número de dientes.

C.7.3.3 La corona de la rueda trasera y la cadena son de elección libre.

ARTÍCULO 8: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

C.8.1 ECU

La Unidad de Control Electrónico (ECU) del motor debe ser la original correspondiente al motor suministrado.

- C.8.1.1 No se permite la modificación física de la ECU, ni siquiera en la carcasa exterior.
- C.8.1.2 El mapa de gestión del motor debe ser el original del fabricante. No se permite la reprogramación del mapa motor.
- C.8.1.3 Las etiquetas identificativas con los números de referencia de la ECU no pueden ser retiradas, así como ningún marcaje o precintado colocado por la Organización.
- C.8.1.4 En cualquier momento durante el Evento Final, la Organización podrá requisar la ECU de cualquier equipo participante, suministrando otra unidad de sustitución que el equipo deberá montar para la realización de las distintas sesiones y pruebas de la Fase MS2. Esta sustitución de ECUs podrá realizarse por asignación directa o bien aleatoriamente, tantas veces como la Organización estime conveniente.
- C.8.1.5 Se permite la instalación de dispositivos electrónicos adicionales que parametricen o modifiquen las señales recibidas por la ECU original, y también las señales de ignición e inyección, con el único propósito de sintonizado de los sistemas de admisión y escape diseñados.
- C.8.1.6 En ningún caso se podrá falsear la señal de los sensores integrados en el motor para superar el límite de revoluciones fijado por el fabricante (10.500 rpm). El límite de revoluciones podrá ser verificado por el Cuerpo Técnico de la Organización en cualquier momento durante el Evento Final.

C.8.2 Batería

Es obligatoria la instalación de una batería con una tensión de trabajo entre 8V y 18V.

C.8.3 Instalación eléctrica

C.8.3.1 La configuración de la instalación eléctrica es libre.

C.8.3.2 Se permite el uso de instalaciones comerciales.

C.8.3.3 El tipo de cable a utilizar, el diseño y la instalación son de libre configuración, siempre que éste vaya correctamente aislado.

C.8.3.4 El tipo de conectores es de libre elección. Se deberá tener en cuenta la posibilidad del correcto funcionamiento eléctrico del prototipo en condiciones de lluvia.

C.8.3.5 Se permite el uso de componentes comerciales (bobina, baterías, reguladores, conectores, etc.).

C.8.3.6 Todos los prototipos deberán ir provistos de un botón de paro de seguridad en el lado izquierdo del manillar. Deberá estar indicado en color rojo para su fácil localización en caso de emergencia. Dicho botón de paro deberá parar el motor cuando se accione.

C.8.3.7 Se permite el uso de una única bobina de encendido.

C.8.3.8 La instalación eléctrica deberá estar perfectamente integrada en el conjunto del prototipo, no dejando distancias mayores a 15cm de cableado sin sujetar.

C.8.3.9 La longitud de los cables deberá ser la justa, por lo que se prohíbe enrollar la longitud de cable sobrante.

C.8.3.10 Se recomienda alejar la instalación eléctrica lo máximo posible de los puntos calientes del motor, así como de los sistemas de refrigeración y escape. En ningún caso los cables y componentes eléctricos podrán estar en contacto directo con partes del prototipo que alcancen altas temperaturas.

C.8.4 Sistema de arranque

C.8.4.1 Se prohíbe la anulación del sistema de arranque eléctrico integrado en el Motor Oficial.

C.8.4.2 En caso de avería en el motor de arranque eléctrico, durante el procedimiento de parrilla de salida de las sesiones de carrera no se permitirá el arranque con arrancadores externos. Únicamente en caso de avería se permitirá el arranque del prototipo empujando.

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN D: REGLAMENTO TÉCNICO ESPECÍFICO PARA LA CATEGORÍA “MOTOSTUDENT ELECTRIC”

ARTÍCULO 1: DEFINICIONES Y ASPECTOS GENERALES

D.1.1 Alta Tensión (High Voltage - HV), Baja Tensión (Low Voltage - LV), Voltios de Corriente Continua (Volts Direct Current – VDC).

Cualquier circuito con una diferencia de potencial mayor que 40 VDC, formará parte del sistema de Alta Tensión (HV) del prototipo. Por debajo de esa tensión, será considerado como parte del sistema de Baja Tensión (LV).

D.1.1.1 La tensión máxima permitida del sistema HVS será de 126 VDC.

D.1.1.2 Se permite el uso de elementos software para controlar la tensión máxima.

D.1.2 Sistema de Alta Tensión (High Voltage System – HVS)

El sistema de Alta Tensión (HVS) está formado por todas las piezas eléctricas que forman parte del motor, controlador, acumulador o de cualquier otra parte eléctrica conectada a ellos. El sistema HVS será un sistema de Alta Tensión (HV) según especifica el Art. D.1.1 del presente Reglamento.

D.1.2.1 El HVS debe estar aislado eléctricamente del chasis o masa del prototipo.

D.1.2.2 El acumulador del sistema HVS, se define como cualquier celda, batería o supercondensador (o conjunto de ellos), capaz de almacenar energía eléctrica para el sistema de propulsión eléctrica.

D.1.2.3 El HVS deberá intercalar un dispositivo controlador entre el motor y el acumulador, de tal forma que no sea posible la conexión directa entre motor y acumulador.

D.1.2.4 Es obligatoria la inclusión de etiquetas de aviso de peligro claramente visibles en las carcasas o zonas cercanas a los componentes que trabajen con Alta Tensión (HV), en las que se incluya el texto “HIGH VOLTAGE”.



D.1.2.5 Se deberá instalar un display en el cuadro de instrumentos que indique en todo momento la tensión entre bornes del sistema HVS. El Cuerpo Técnico de la Organización podrá realizar mediciones aleatorias para comprobar si el valor mostrado en el display se corresponde con el valor real de la tensión del HVS.

D.1.3 Sistema de Baja Tensión LV conectado a masa (Ground Low Voltage System – GLVS)

El sistema LV conectado a masa (GLVS) está formado por cualquier circuito o parte eléctrica del prototipo (chasis) y que por lo tanto no forma parte del HVS.

D.1.3.1 El GLVS deberá ser un sistema LV, es decir, de una tensión inferior a 40 VDC.

D.1.4 Aislamiento entre HVS y GLVS

D.1.4.1 El HVS y el sistema GLVS estarán aislados galvánicamente.

D.1.4.2 En el caso de uso de un convertidor DC/DC, éste deberá cumplir con esa especificación.

ARTÍCULO 2: MOTOR ELÉCTRICO Y DEMANDA DE POTENCIA

La Organización suministrará un motor eléctrico común para los equipos inscritos en la categoría MotoStudent Electric.

D.2.1 Precintado

Es obligatorio el uso del motor proporcionado por la Organización. El motor se entregará precintado por la Organización y queda totalmente prohibida su manipulación. Cualquier precinto roto o deteriorado será causa de disconformidad técnica.

En caso de avería o mal funcionamiento de alguna parte interna a la que no se permita el acceso el equipo deberá comunicarlo a la Organización, que tomará las medidas oportunas.

D.2.2 Características técnicas del motor eléctrico

La información técnica sobre el motor será remitida por la Organización a todos los equipos inscritos en la Competición.

- D.2.2.1 El motor suministrado por la Organización no puede ser modificado estructuralmente, ni siquiera en sus anclajes, carcasas exteriores o sistema de refrigeración/ventilación.

D.2.3 Regeneración de energía

Se permite la regeneración de energía usando el motor como generador en las frenadas.

D.2.4 Potenciómetro acelerador

Es obligatoria la inclusión de un potenciómetro acelerador comandado desde el puño del prototipo en el semimanillar derecho. La señal de este potenciómetro deberá servir para configurar la demanda de par o velocidad al motor.

- D.2.4.1 Se permite configurar el freno motor con el mismo potenciómetro, mapeándolo en un tramo por debajo del tramo de aceleración.

ARTÍCULO 3: ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

D.3.1 Sistemas de acumulación permitidos

Se permitirán como sistemas de acumulación de energía cualquier tipo de batería, exceptuando las baterías de sal fundida (baterías térmicas) y las pilas de combustible.

- D.3.1.1 Se permite el uso de supercondensadores.

- D.3.1.2 La tensión suministrada por las baterías será de un máximo de 126 VDC, tal y como describe el Art.D.1.1.

D.3.1.3 Se deberá presentar a la Organización el esquema de conexión utilizado (celdas en serie y en paralelo).

D.3.2 Contenedor de baterías

Todas las celdas de batería y supercondensadores que formen parte del acumulador, deberán instalarse en el interior de un contenedor o cárter de baterías.

D.3.2.1 Se permite el uso de varios contenedores de baterías. Cada uno de ellos deberá cumplir las prescripciones exigidas para el caso de contenedor de baterías único.

D.3.2.2 Si el contenedor de baterías no es fácilmente accesible, la Organización podrá requerir en cualquier momento fotografías de la disposición y montaje de éste.

D.3.2.3 Será obligatoria la entrega de una descripción detallada del sistema de acumulación, antes de proceder a su montaje. Asimismo, también será obligatoria la entrega de fotografías de las diferentes fases del montaje del mismo, mostrando la totalidad de los componentes utilizados. El incumplimiento de alguno de estos dos requisitos podrá implicar la exclusión del prototipo para la Fase MS2 de la Competición. (Ver Art.D.13.1.1)

D.3.3 Configuración eléctrica del acumulador

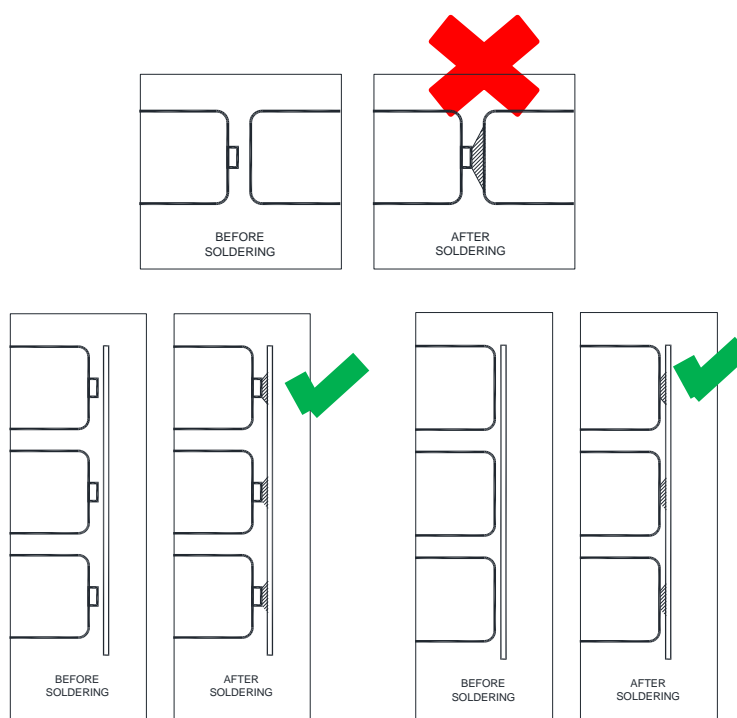
D.3.3.1 Si el contenedor está fabricado en un material conductor de la electricidad, los bornes de las celdas o supercondensadores deberán estar correctamente protegidos y aislados con un material eléctricamente aislante.

D.3.3.2 Si el contenedor está fabricado en un material conductor de la electricidad (metales, fibra de carbono, etc.), el cuerpo de las celdas no podrá estar directamente en contacto con la pared interior del cárter, debiéndose colocar un material aislante. Las celdas prismáticas de carcasa rígida aislante quedan excluidas de esta prescripción.

D.3.3.3 Cada contenedor deberá incluir en su interior al menos un fusible, cuya intensidad nominal esté por debajo del límite de corte del contactor.

D.3.3.4 Cada contenedor deberá incluir, al menos, un contactor de línea de tipo normalmente abierto, instalado en el borne positivo del acumulador.

- D.3.3.5 El cierre del contactor de línea, y por lo tanto la presencia de Alta Tensión (HV) a la salida del acumulador, deberá quedar señalizado a través de una señal luminosa de color rojo ubicada en el dashboard, según las pautas indicadas en el Art. D.10.1.1.
- D.3.3.6 No se permite la unión directa entre bornes de celdas por medio de soldadura. Sí se permite la soldadura indirecta a través de un material conductor (placas, pletinas, cables, hilo fusible). Sí se permite la soldadura de los conductores del BMS a los bornes. En el caso de las celdas tipo “pouch” sí que se permite la soldadura directa entre sus pletinas, en caso de disponer de ellas.



D.3.4 Configuración mecánica del acumulador

- D.3.4.1 Los contenedores de baterías deberán construirse a partir de un material mecánicamente resistente e instalarse anclados correctamente al chasis.
- D.3.4.2 El contenedor de baterías podrá formar parte del chasis del prototipo, siempre que cumpla con las condiciones de rigidez y resistencia apropiadas para ello.
- D.3.4.3 Los contenedores de baterías que no formen parte del chasis deberán estar protegidos contra impactos laterales por el propio chasis del prototipo.
- D.3.4.4 Las celdas deberán estar apropiadamente protegidas y fijadas ante cualquier desplazamiento relativo (horizontal y vertical) en el interior del contenedor.

- D.3.4.5 Únicamente se permiten orificios de comunicación entre el interior y el exterior del contenedor para el paso de los cables conductores correctamente aislados y para la refrigeración y ventilación.
- D.3.4.6 Las aberturas de ventilación no podrán ocupar un lateral completo del contenedor.
- D.3.4.7 Las aberturas de ventilación deberán incluir algún tipo de elemento filtrante, para evitar la posible entrada de polvo, partículas y líquidos al interior del contenedor.
- D.3.4.8 Si un contenedor estuviera completamente sellado de manera estanca, se deberá incluir una válvula de escape para impedir que la concentración de gases alcance una presión crítica.
- D.3.4.9 Se permite el uso o adaptación de contenedores o cárter comerciales, siempre y cuando cumplan con las características impuestas en el presente artículo.

D.3.5 Sistema de Gestión de Baterías (Battery Management System - BMS)

- D.3.5.1 Es obligatoria la instalación de un sistema de gestión de baterías (BMS).
- D.3.5.2 El BMS deberá leer la tensión de cada celda, para mantener las celdas dentro de los límites de tensión indicados por el fabricante.
- D.3.5.3 El sistema BMS deberá leer la temperatura de las celdas en su punto más caliente a través de un sensor de temperatura compatible. Será obligatorio leer la temperatura de, al menos, 4 celdas instaladas, siendo al menos dos de ellas, las correspondientes a las zonas que se prevé que se alcancen mayores temperaturas.
- D.3.5.4 En el caso de utilización de un sistema pasivo de balanceo o equilibrado de celdas (no obligatorio), deberán utilizarse resistencias capaces de disipar la energía correspondiente al balanceo de tal manera que, durante el periodo de balanceo, no se supere nunca la temperatura indicada por el fabricante de la resistencia (o del BMS) y que no afecte a las celdas de batería o circuitos impresos cercanos.
- D.3.5.5 Para mejorar la velocidad de balanceo, se permite la activación de la refrigeración artificial del contenedor de baterías durante el proceso de balanceo.

- D.3.5.6 El sistema BMS deberá desactivar la tracción del vehículo en el caso de descargarse la tensión de una de las celdas hasta la tensión mínima crítica o superarse la temperatura máxima crítica de la celda, según los valores indicados por el fabricante. Esta desactivación obligatoria deberá ser puntual con la apertura del contactor del acumulador de baterías. (Ver esquema del Art. D.6.1.2).
- D.3.5.7 Aparte de las condiciones expuestas en el Art. D.3.5.6, se permite limitar progresivamente la potencia eléctrica entregada al motor hasta ser igual a cero en el punto de tensión crítico de la celda o temperatura máxima de la celda.
- D.3.5.8 El sistema BMS deberá asimismo desactivar el sistema de recarga cuando se superen los niveles máximos de tensión o temperatura de celda. Esta desactivación podrá ser progresiva y/o puntual.

ARTÍCULO 4: CONTROLADOR

D.4.1 Controlador motor o variador motor

Se entiende por controlador motor o variador motor como el dispositivo hardware que controla la velocidad y el par de un motor eléctrico.

El controlador forma parte del HVS y puede integrar una parte del GLVS.

- D.4.1.1 Se permite la utilización de cualquier tipo de controlador comercial.
- D.4.1.2 Se permite el desarrollo propio del controlador, o la adaptación de cualquier dispositivo comercial.
- D.4.1.3 Los componentes de hardware serán compatibles con los valores de tensión e intensidad de trabajo.
- D.4.1.4 El controlador deberá cumplir todas las prescripciones que le puedan afectar del presente Reglamento Técnico.

D.4.2 Software de control

El software de control del motor es de configuración libre, pudiendo utilizarse tanto herramientas de software comerciales como de desarrollo propio.

D.4.2.1 El mapa de gestión del sistema de propulsión es de configuración libre.

D.4.2.2 Se permite la implementación de distintos mapas de gestión.

ARTÍCULO 5: GENERALIDADES DEL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN (HVS)

D.5.1 Separación del HVS y GLVS

D.5.1.1 Los sistemas HVS y GLVS deben estar separados físicamente.

D.5.1.2 No podrá haber ningún contacto entre el HVS y el chasis del prototipo o cualquier parte metálica expuesta al exterior.

D.5.1.3 Si alguna parte o pieza del HVS y del GLVS han de estar juntos en el interior de un contenedor, deberán respetar la separación mínima indicada en la tabla adjunta, salvo en los casos excepcionales descritos en el Art. D.5.1.4 y Art. D.5.1.5:

Tensión HVS	Distancia de separación
< 100 VDC	10 mm
≥ 100 VDC	20 mm

D.5.1.4 Las distancias reflejadas en el Art. D.5.1.3 no serán de aplicación obligatoria siempre que los componentes del HVS y GLVS estén separados por una barrera aislante a la humedad, que cumpla un grado de resistencia a la temperatura superior a 150 °C.

D.5.1.5 En el caso de que ciertos componentes pertenecientes al HVS y GLVS se instalen en una misma placa base, se colocarán en zonas claramente diferenciadas y marcadas a tal efecto sobre la placa. La separación entre ambas será de al menos, 6,4 mm sobre superficie, 3,2 mm a través del aire y de 2 mm si están bajo recubrimiento (estas distancias pueden no respetarse para el caso de optoacopladores cuya tensión nominal sea igual o mayor que la tensión del HVS).

D.5.2 Posicionamiento del sistema HVS

Todos los componentes del sistema HVS deben estar contenidos dentro de una estructura reforzada que garantice su integridad ante un accidente.

- D.5.2.1 El chasis del prototipo podrá ser considerado como estructura protectora del sistema HVS, siempre que por su diseño y construcción proteja completamente al sistema en caso de accidente y siempre y cuando se cumplan las prescripciones indicadas en el Art. D.3.4.

D.5.3 Puesta a masa

Todas las partes metálicas del prototipo que puedan llegar a conducir la electricidad por estar a menos de 100 mm del HVS o GLVS deben conectarse a la masa del prototipo.

D.5.4 Aislamiento y cableado

Todos los componentes del sistema HVS deben estar debidamente aislados y protegidos contra contactos directos.

- D.5.4.1 Se deberá garantizar la protección del sistema HVS, de tal forma que sea imposible alcanzar las conexiones del HVS con una sonda cilíndrica de 100 mm de longitud y 6 mm de diámetro.
- D.5.4.2 Las conexiones del HVS deben estar encapsuladas por componentes aislantes.
- D.5.4.3 Los cables o conductores pertenecientes al sistema HVS deberán ser de color naranja y no combustibles grado UL-94 V0, FAR25 o equivalente.

D.5.5 Circuito de precarga

Es obligatoria la instalación de un circuito de precarga antes de que cierre el contactor del acumulador.

- D.5.5.1 El nivel mínimo de precarga debe llegar a un 90% de la tensión real del acumulador, y/o 10 V de máxima diferencia de tensión entre bornes.

D.5.5.2 Al abrirse el circuito de desconexión descrito en el Art.D.6.1 debe abrirse también el circuito de precarga, de tal manera que una nueva maniobra de activación de dicho circuito de desconexión, conlleve siempre previamente la maniobra de precarga.

D.5.6 Aviso de activación del HVS

Se instalará un avisador de luz roja, que se mantendrá encendido cuando el HVS esté activado, es decir, cuando el contactor del acumulador esté cerrado.

ARTÍCULO 6: SISTEMAS Y CIRCUITOS DE DESCONEXION

D.6.1 Circuito de desconexión del HVS

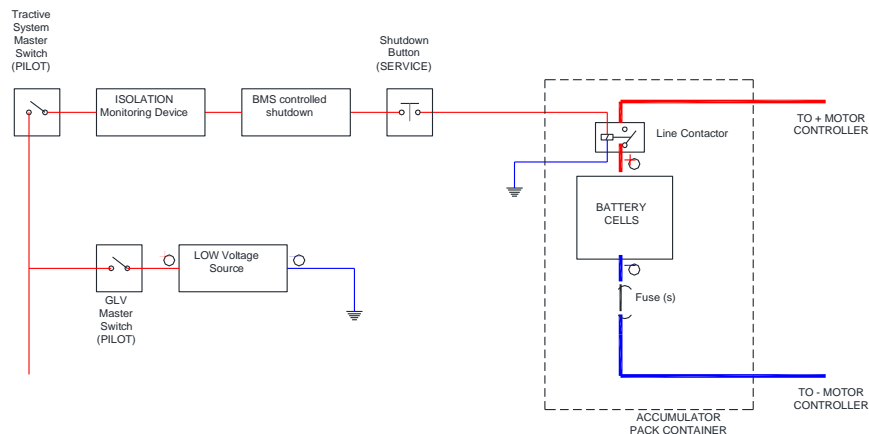
El circuito de desconexión gestiona el cierre y apertura del contactor de línea.

D.6.1.1 El circuito de desconexión constará de, al menos:

- Un Interruptor General del Sistema de Tracción (Tractive System Master Switch - TSMS).
- Un interruptor de emergencia.
- Un vigilante de aislamiento (insulation monitoring device - IMD).
- El sistema de desconexión gestionado por el BMS.

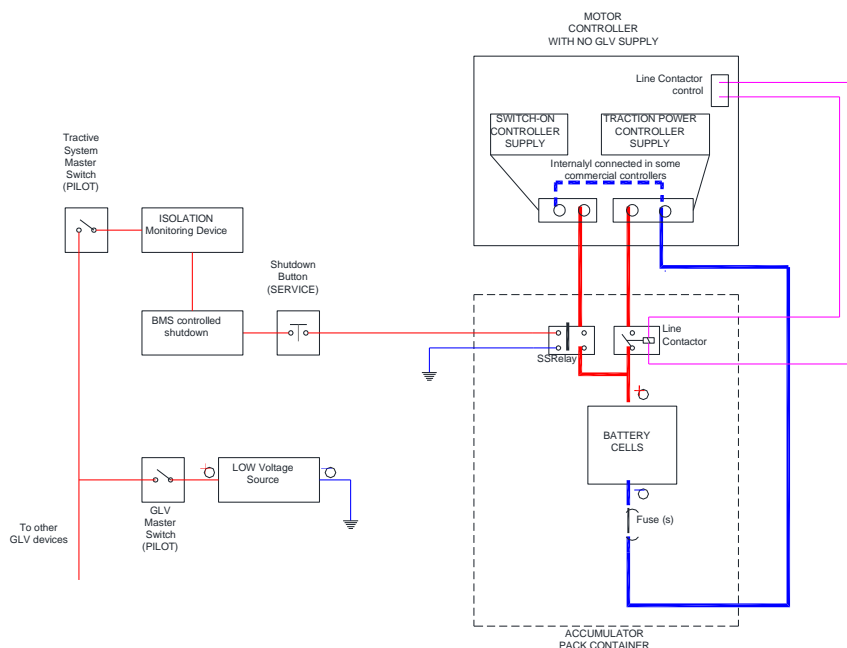
D.6.1.2 El circuito de desconexión deberá atenerse a uno de los siguientes esquemas:

- Circuito de desconexión con contactor controlado directamente por el circuito de desconexión:



Esquema 1: Contactor controlado directamente por el circuito de desconexión

- Circuito de desconexión con contactor controlado directamente por el controlador:



Esquema 2: Contactor controlado directamente por el controlador

D.6.1.3 En el caso de que la bobina de los contactores del acumulador de baterías esté controlada directamente por el controlador motor (o por otro dispositivo), entonces el circuito de desconexión deberá garantizar el apagado del controlador (o del correspondiente dispositivo) y por consiguiente el apagado de la bobina del contactor, quedando garantizada su apertura, tal y como se indica en el esquema D.6.1.2.

D.6.1.4 Una vez abierto el circuito de desconexión (contactor abierto) por la actuación de cualquiera de los dispositivos previstos (TSMS, interruptor de emergencia, BMS o IMD) el sistema quedará en estado “no listo para conducir”, y será necesario que el piloto lo reactive manual y voluntariamente (p.e. reiniciando el controlador), antes de que el circuito de desconexión vuelva a cerrarse.

D.6.2 Desconexión del sistema GLVS

Para garantizar el encendido y apagado independiente del sistema GLVS, deberá colocarse un Interruptor General del sistema de Baja Tensión (GLVMS).

D.6.3 Tipo de interruptores

D.6.3.1 El/los interruptor/es de emergencia deberán ser de tipo seta de color rojo con accionamiento “pulsar para abrir y girar para cerrar”.



Ejemplo de seta de emergencia

D.6.3.2 El TSMS será del tipo rotatorio.

D.6.4 Desactivación del convertidor DC/DC

D.6.4.1 En el caso de utilizar un convertidor DC/DC como fuente de energía LV, se deberá garantizar la desconexión completa del convertidor para evitar autoconsumos.

D.6.5 Dispositivo Vigilante de Aislamiento (Insulation Monitoring Device - IMD)

La Organización suministrará dentro del Kit MotoStudent un vigilante de aislamiento (IMD) BENDER para garantizar el correcto aislamiento eléctrico entre el HVS y el chasis del prototipo.

D.6.5.1 La instalación de este Dispositivo Vigilante de Aislamiento es obligatoria.

D.6.5.2 El correcto funcionamiento del Dispositivo Vigilante de Aislamiento será comprobado durante el Static Scrutineering, tal y como se indica en el Art. E.5.1 del presente Reglamento.

ARTÍCULO 7: FUSIBLES

D.7.1 Fusibles HV

El circuito del lado HV deberá estar protegido por al menos un fusible, según las condiciones indicadas en el Art. D.3.3.3.

D.7.1.1 La corriente nominal del fusible estará por debajo de la corriente de cortocircuito calculada, y por el encima de la corriente máxima de servicio.

D.7.1.2 Si se colocan varias bancadas de celdas en paralelo, cada una de estas bancadas deberá estar protegida con su fusible independiente.

D.7.1.3 El fusible o fusibles deberán instalarse en el interior del contenedor o cárter de baterías.

D.7.2 Fusibles GLVS

Todos los circuitos del lado GLV deberán tener colocado un fusible que proteja el conductor y el dispositivo al que alimenta, evitando que se alcancen las corrientes máximas admisibles por estos.

ARTÍCULO 8: RECARGA DE ACUMULADORES

D.8.1 Cargadores

- D.8.1.1 Se permiten todo tipo de cargadores cuya potencia nominal sea menor o igual de 22 kW nominales (máximo 32 amperios nominales en configuración trifásica de lado red).
- D.8.1.2 Quedan permitidas las configuraciones serie o paralelo de diferentes cargadores siempre que la suma total de las potencias unitarias de los cargadores no supere la potencia indicada en el Art.D.8.1.1.
- D.8.1.3 El cargador deberá contar con su correspondiente conductor de masa correctamente conectado a la carcasa del cargador.

D.8.2 Conexión a red

La conexión a la red podrá ser del tipo monofásica (230 VAC, 50 Hz) o trifásica (400 VAC, 50 Hz).

- D.8.2.1 Es obligatoria la conexión del conductor de masa a la base de enchufe.

D.8.3 Conexión al prototipo

La conexión entre el cargador y el prototipo deberá cumplir unas condiciones mínimas de seguridad.

- D.8.3.1 El conector de carga situado en el prototipo deberá disponer de un sistema de cierre manual o automático.
- D.8.3.2 Los conductores del conector de recarga presente en el prototipo, deberán quedar inaccesibles cuando el conector esté cerrado.
- D.8.3.3 El conector de carga del prototipo tendrá que cumplir un grado de estanqueidad IP-65 cuando se encuentre cerrado.
- D.8.3.4 El conector de carga deberá situarse en una zona protegida del prototipo ante posibles caídas, contactos o proyecciones.

D.8.4 Operación de recarga

El proceso de recarga de acumuladores deberá realizarse de manera segura.

- D.8.4.1 Durante la operación de recarga del prototipo durante el Evento final será obligatoria la presencia en todo momento de al menos un miembro del equipo que conozca al detalle la maniobra de recarga.
- D.8.4.2 El integrante del equipo encargado de la operación de recarga deberá estar preparado para afrontar cualquier tipo de actuación durante la recarga (desconexión manual, desactivación, etc.) para aislar el prototipo de la red ante cualquier eventualidad.
- D.8.4.3 Un extintor de incendios apto para la extinción del fuego eléctrico (agente extintor de CO₂ o similar) deberá disponerse a menos de 2m del prototipo durante la maniobra de recarga.
- D.8.4.4 El sistema BMS deberá contar con un dispositivo de control de recarga tal y como se describe en el Art. D.3.5.

ARTÍCULO 9: INSTALACIÓN GENERAL Y CABLEADO

D.9.1 Aislamiento general

- D.9.1.1 Todos los cables conductores y conectores deberán ir recubiertos de material aislante, a excepción de las conexiones directas a masa.
- D.9.1.2 Las zonas, elementos y sistemas con alto riesgo eléctrico deberán ir correctamente protegidas ante posibles contactos y manipulaciones. Se recomienda la instalación de carcasas rígidas aislantes para una mayor protección.

D.9.2 Dimensionado

- D.9.2.1 Todos los cables conductores y conectores deberán dimensionarse correctamente en base a los niveles de corriente solicitados.

D.9.3 Protección contra la humedad

D.9.3.1 Se deberá procurar que los componentes del sistema de propulsión estén altamente protegidos contra la humedad. Se recomienda un grado de protección IP-65.

D.9.4 Cableado

D.9.4.1 La longitud de los cables deberá ser la justa, por lo que se prohíbe enrollar la longitud de cable sobrante.

D.9.4.2 Se deberá evitar, en la medida de lo posible, el paso de la instalación eléctrica por posibles puntos calientes.

D.9.4.3 La instalación eléctrica deberá estar perfectamente integrada en el conjunto del prototipo, no dejando distancias mayores a 15cm de cableado sin sujetar.

D.9.4.4 Se deberán tener en cuenta y evitar las posibles interferencias que pueda presentar la instalación eléctrica con cualquier sistema mecánico del prototipo, en todo el rango posible de geometrías (durante todo el recorrido de dirección, suspensiones, etc.).

ARTÍCULO 10: CONTROL Y MANDOS

D.10.1 Cuadro de instrumentos

El cuadro de instrumentos o Dashboard deberá ser perfectamente visible por el piloto en posición de pilotaje.

D.10.1.1 El cuadro de instrumentos deberá incluir un avisador luminoso de color rojo, que deberá encenderse cuando el HVS esté activado, tal y como se indica en el Art. D.5.6.

D.10.1.2 El cuadro de instrumentos deberá contar con un display que indique en todo momento la tensión entre bornes del sistema HVS, tal y como indica el Art. D.1.2.5.

D.10.2 Elementos de control

El piloto deberá ser capaz de activar, reactivar o resetear por completo el sistema de propulsión eléctrica sin ayuda de otras personas y sin necesidad de bajarse del prototipo, desde la posición standard de pilotaje.

D.10.3 Seta de emergencia

El presente artículo afecta a la seta o setas de emergencia para la desconexión, descrita en el Art. D.6.1 del presente Reglamento.

D.10.3.1 La seta de emergencia deberá instalarse en un lugar protegido ante una caída o contacto accidental del piloto, pero a la vez accesible y reconocible por los oficiales deportivos.

D.10.3.2 La seta de emergencia no podrá instalarse sobre ningún componente susceptible de un desmontaje rápido, como por ejemplo el carenado. Preferiblemente se deberán instalar sobre soportes fijados al chasis.

D.10.3.3 Si se estima la instalación de la seta de emergencia en la zona lateral del prototipo, se deberán incluir entonces dos setas, una en cada lateral.

D.10.3.4 La seta o setas de emergencia instaladas deberán ser de color rojo y accionamiento "pulsar para abrir y girar para cerrar", como se describe en el Art. D.6.3.1.

ARTÍCULO 11: SISTEMA DE TRANSMISIÓN

D.11.1 Tipos de transmisión

El sistema de transmisión empleado para la Categoría "MotoStudent Electric" es de configuración libre.

D.11.1.1 Se permite cualquier tipo de sistema de transmisión primaria: caja de cambios, variador CVT, etc.

D.11.1.2 Se permite la transmisión directa entre el eje de salida del motor y la rueda trasera.

D.11.1.3 No hay limitaciones en cuanto a la instalación de elementos de embrague entre componentes del sistema de transmisión.

D.11.2 Transmisión secundaria

D.11.2.1 No hay limitación en cuanto al tipo de transmisión secundaria utilizado: por cadena, correa, etc.

D.11.2.2 Cualquier elemento de la transmisión susceptible de posibles atrapamientos para el piloto deberá ir cubierto con una carcasa rígida.

ARTÍCULO 12: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

D.12.1 Generalidades de los sistemas de refrigeración

D.12.1.1 El diseño del sistema de refrigeración de los diferentes componentes es de configuración libre.

D.12.1.2 Se permite la refrigeración de componentes tanto por aire como por sistemas de refrigeración líquida.

D.12.2 Sistemas de refrigeración por aire

D.12.2.1 Se permite la refrigeración por conducción aerodinámica del aire.

D.12.2.2 Se permite la refrigeración por aire forzada mediante ventiladores u otros métodos de impulsión o extracción de aire.

D.12.3 Sistemas de refrigeración líquida

D.12.3.1 Sólo se podrá utilizar agua destilada como líquido refrigerante.

D.12.3.2 Está prohibida la utilización de aditivos en el agua destilada.

D.12.3.3 El número, la situación, el tamaño y la composición de los radiadores de líquido refrigerante son libres, siempre y cuando cumplan con los requerimientos dimensionales de las cotas generales del prototipo.

D.12.3.4 Se permite el uso de un sistema de refrigeración líquida del motor mediante el uso de carcasas externas, siempre y cuando éstas no modifiquen al motor y sean fácilmente desmontables. En ningún caso la carcasa cubrirá parcial o totalmente los precintos y/o etiquetas de la Organización.

ARTÍCULO 13: DOCUMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

D.13.1 Documentación a presentar

La Organización requerirá a los equipos de la Categoría MotoStudent Electric, a lo largo de la Competición, la presentación de documentación acerca del sistema eléctrico de propulsión. La Organización establecerá una serie de entregas de documentación obligatorias, indicadas en el Calendario Oficial de la Competición reflejado en el Art. A.6.1, y en las cuales se solicitará información referente al sistema de propulsión eléctrico.

D.13.1.1 Los hitos específicos para equipos de la Categoría MotoStudent Electric serán:

- MSE Special Milestone 1: Electric scheme (Del 01/11/2019 al 30/11/2019): Esquema eléctrico completo (sistema HVS, LVS, BMS, esquema eléctrico de celdas), incluyendo todos los componentes activos y pasivos.
- MSE Special Milestone 2: Battery pack specs (Del 01/02/2020 al 29/02/2020): Descripción general del acumulador de baterías, incluyendo el diseño 3D contenedor, celdas, protecciones mecánicas, lista de componentes eléctricos (identificación de todos los elementos del esquema eléctrico: denominaciones comerciales, medidas y ubicación en el prototipo). Esquema de conexión utilizado en el acumulador (celdas en serie y en paralelo), número total de celdas y los voltajes nominal y máximo del acumulador completo. Ficha de características de las celdas o supercondensadores utilizados.
- MSE Special Milestone 3: Battery pack assembly (Del 01/05/2020 al 31/10/2020): Presentación de la construcción del acumulador de baterías con esquemas y fotos de su montaje y cableado. Fotos del conjunto definitivo montado.

- MSE Special Milestone 4: Electric powertrain test (Del 01/07/2020 al 31/03/2021): Presentación de vídeo del tren motriz eléctrico en funcionamiento, con los componentes finales que irán instalados en el prototipo (aunque aún se encuentre en fase de pruebas).

D.13.1.2 El no presentar la documentación solicitada por la Organización (o entregarla pasados los 10 días naturales posteriores a la fecha límite de entrega) puede suponer la inconformidad de las Static Scrutineering y, por tanto, la exclusión del equipo de las Fases MS1 y MS2.

D.13.1.3 Por razones de seguridad, el Cuerpo Técnico de la Organización podrá requerir información técnica adicional a la descrita en el presente artículo si así lo considerara para la inspección de uno o varios prototipos concretos.

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN E: VERIFICACIONES PREVIAS

ARTÍCULO 1: OBJETIVO Y METODOLOGÍA

E.1.1 Objetivo

El objetivo de las verificaciones previas es comprobar que los prototipos presentados por los equipos participantes en la Competición cumplen con las especificaciones de prestaciones y seguridad reflejadas en el Reglamento Técnico (Secciones B, C y D), así como que el piloto presentado es apto para la participación en la Fase MS2 de la Competición.

- E.1.1.1 Las verificaciones previas no son puntuables para la Competición MotoStudent, pero pueden ser excluyentes si se detecta un incumplimiento de la normativa impuesta, o si el prototipo no es considerado como seguro para participar en las pruebas.
- E.1.1.2 Las verificaciones previas se llevarán a cabo por comisarios técnicos con licencia federativa en vigor y personal cualificado del Cuerpo Técnico de la Organización.
- E.1.1.3 En caso de disputa sobre el cumplimiento de la normativa reflejada en el Reglamento de la Competición, o sobre la seguridad que ofrezca el prototipo en pista, la decisión del Cuerpo Técnico de la Organización será inapelable.

E.1.2 Responsabilidad de los equipos

Es responsabilidad de cada equipo asegurarse de que el prototipo cumpla con todas las normas reflejadas en el Reglamento Técnico de la Competición.

- E.1.2.1 Al presentar el prototipo a las verificaciones previas, el equipo acepta haberse asegurado de que el prototipo cumple con la normativa impuesta por la Organización.

E.1.3 Procedimiento

Las Verificaciones Previas se dividen en 3 etapas:

- Administrative Check.
- Static Scrutineering.
- Dynamic Safety Check.

ARTÍCULO 2: ADMINISTRATIVE CHECK

E.2.1 Aplicación

Los equipos, al comienzo del Evento Final, deberán realizar el Administrative Check (verificaciones administrativas), en las que la Organización confirmará la inscripción del equipo y el cumplimiento total de requisitos federativos del piloto. Una vez aprobados dichos aspectos, se colocará sobre el prototipo el adhesivo correspondiente al Administrative Check, y el equipo podrá pasar a la siguiente etapa de verificaciones.



Ejemplo orientativo de adhesivo de Administrative Check

E.2.1.1 El Administrative Check se llevará a cabo en el Paddock General Office.

E.2.1.2 Los equipos no podrán acceder al Static Scrutineering (Verificaciones Técnicas) sin haber superado previamente el Administrative Check (Verificaciones administrativas).

E.2.1.3 En caso de que el piloto accediera más tarde que el equipo al Evento Final, el equipo deberá realizar igualmente el Administrative Check, quedando pendiente la firma y confirmación del piloto para su llegada al Evento.

ARTÍCULO 3: STATIC SCRUTINEERING – VERIFICACIONES TÉCNICAS GENÉRICAS

E.3.1 Aplicación

La etapa Static Scrutineering consiste en una serie de verificaciones sobre el prototipo para comprobar el correcto cumplimiento del Reglamento Técnico de la Competición y la seguridad del mismo. Además, se verificará que la equipación del piloto es apta para su participación en la Fase MS2.

- E.3.1.1 Las verificaciones técnicas descritas en el presente artículo afectan a los prototipos presentados tanto para las Categorías “MotoStudent Petrol” y “MotoStudent Electric”.

E.3.2 Procedimiento

El prototipo y la equipación del piloto serán examinados por el Cuerpo Técnico siguiendo todas las normas descritas en el Reglamento Técnico de la Competición.

- E.3.2.1 Los equipos pueden disponer de los elementos de recambio (cualquier componente o parte del prototipo) que consideren oportunos. Estos recambios deberán ser presentados a la Organización simultáneamente con el prototipo para su verificación.
- E.3.2.2 El Static Scrutineering se llevarán a cabo en el Technical Control Area.
- E.3.2.3 El prototipo deberá presentarse en condiciones apropiadas para participar en las pruebas MS2, es decir, cumpliendo estrictamente toda la normativa reflejada en el Reglamento Técnico de la Competición.
- E.3.2.4 La utilización de componentes no verificados por la Organización en el Static Scrutineering significará la expulsión inmediata de la Competición.
- E.3.2.5 Para el Static Scrutineering deberán asistir al Technical Control Area únicamente 2 Team Members (integrantes del equipo), que serán los encargados de transportar el prototipo y algún tipo de sujeción o soporte que permita presentarlo en posición estática para su examen.

E.3.3 Banco de ensayo de parte ciclo

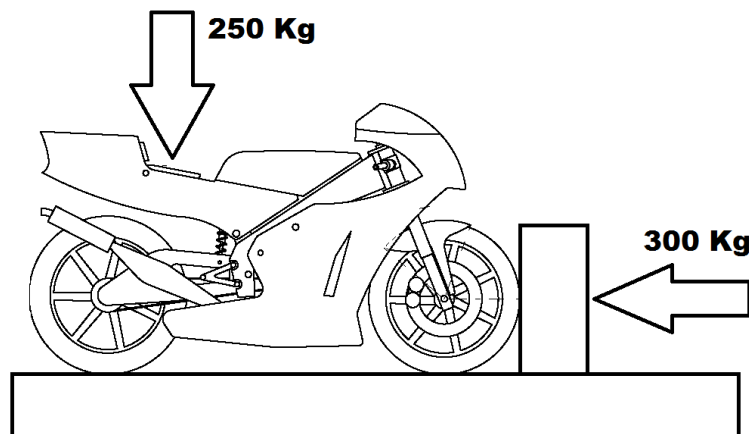
Si la Organización lo estimara necesario, se podrá someter al prototipo a una serie de fuerzas horizontales y verticales en un banco de ensayos para comprobar rigidez del chasis, correcto ensamblaje, geometrías y trabajo de suspensiones.

E.3.3.1 Se aplicarán sobre el prototipo las siguientes fuerzas:

- Carga horizontal progresiva en rueda delantera: 300kg
- Carga vertical progresiva sobre el asiento: 250kg

E.3.3.2 Estas cargas se aplicarán de forma alternativa y progresiva, verificando que en situación de compresión no se producen interferencias entre elementos, así como que todos los sistemas que integran la parte ciclo del prototipo trabajan adecuadamente. Al retirar el esfuerzo se verificará que la geometría original no ha sufrido deformaciones, así como que no haya aparecido ninguna fisura en los componentes estructurales o elementos de unión. Para que el prototipo se considere apto en esta prueba deberá cumplir las disposiciones descritas.

E.3.3.3 Descripción gráfica de la prueba:



Esquema de aplicación de cargas

E.3.4 Comprobación de frenos

Se examinará el correcto funcionamiento de los frenos delantero y trasero en un frenómetro de rodillos.



Prueba de Comprobación de Frenos

E.3.4.1 Para que el prototipo se considere apto en esta prueba deberá rendir por encima de los siguientes valores de fuerza de frenada:

- Eje delantero: 0,30 kN
- Eje trasero: 0,25 kN

E.3.4.2 Para que el prototipo pueda cumplir los valores de frenada se recomienda realizar la prueba de comprobación de frenos con las pastillas y discos de freno con un ligero rodaje previo. Ciertos conjuntos de discos y pastillas pueden dar problemas de eficacia recién montadas debido a los recubrimientos, adaptaciones entre superficies, etc.

E.3.5 Validación

- E.3.5.1 Si el prototipo se considera apto tras el Static Scrutineering, se marcará con el adhesivo correspondiente y podrá acceder a la etapa Dynamic Safety Check.



Ejemplo orientativo de adhesivo de verificación

ARTÍCULO 4: STATIC SCRUTINEERING – VERIFICACIONES TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE LA CATEGORÍA “MOTOSTUDENT PETROL”

El presente artículo afecta exclusivamente a los prototipos participantes en la Categoría “MotoStudent Petrol” de la Competición, con motor de combustión interna. La prueba descrita en el presente artículo se realizará durante el Static Scrutineering.

E.4.1 Verificación de volumen sonoro de escape

Se realizará una medición de sonoridad de escape.

- E.4.1.1 La sonoridad de escape máxima permitida viene reflejada en el Art. C.6.2. del Reglamento Técnico.
- E.4.1.2 La sonoridad se medirá a 50 cm (aprox.) de la salida de escape, en la dirección de flujo de salida de gases de escape, y en una zona en la que no haya ninguna pared, muro, u obstáculo grande en 3m alrededor de la salida de escape.

ARTÍCULO 5: STATIC SCRUTINEERING – VERIFICACIONES TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE LA CATEGORÍA “MOTOSTUDENT ELECTRIC”

El presente artículo afecta exclusivamente a los prototipos participantes en la Categoría “MotoStudent Electric” de la Competición. Las verificaciones descritas en el presente artículo se realizarán durante el Static Scrutineering.

E.5.1 Prueba del dispositivo de vigilancia de aislamiento

Se llevará a cabo un test para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo de vigilancia de aislamiento (IMD) definido en el Art. D.6.5 del presente Reglamento.

E.5.1.1 El test consiste en la colocación de una resistencia de valor 50 k Ω entre el lado HV y el chasis para comprobar el correcto aislamiento eléctrico.

E.5.1.2 Para que un prototipo se considere apto, el circuito de desconexión deberá abrirse antes de 30 segundos tras la conexión de la resistencia al prototipo.

E.5.2 Prueba de medición de aislamiento

Se llevará a cabo un test para comprobar el correcto aislamiento entre HVS y el GLV.

E.5.2.1 El test consiste en la medición del aislamiento entre HVS y el GLVS.

E.5.2.2 Para que un prototipo se considere apto para la participación en la Competición, la medición entre ambos sistemas deberá ser superior o igual a 100 k Ω .

E.5.3 Prueba del circuito de desconexión

Se llevará a cabo una prueba para comprobar el correcto funcionamiento del circuito de desconexión.

E.5.3.1 Se comprobará el correcto funcionamiento del Interruptor General y del Interruptor de Emergencia. El apagado de cualquiera de ellos deberá abrir los contactores del acumulador de baterías.

E.5.3.2 Al apagar estos interruptores la tensión indicada en el display del cuadro de instrumentos deberá indicar valor 0.

E.5.4 Prueba de lluvia

La Organización podrá llevar a cabo una prueba de lluvia para comprobar el correcto aislamiento del sistema eléctrico de propulsión en condiciones de lluvia.

- E.5.4.1 El prototipo se someterá previamente a las pruebas del dispositivo IMD, de medición de aislamiento y del circuito de desconexión, debiendo haberlos superado para poder realizar la prueba de lluvia.
- E.5.4.2 Durante la prueba el prototipo debe de estar conectado, con la rueda motriz elevada sin contacto sobre el suelo (sobre caballete) y en situación “no-listo-para-conducir”.
- E.5.4.3 Se proyectará agua simulando el efecto de lluvia fina sobre el prototipo en distintas direcciones durante un período mínimo de 60 segundos. En ningún caso se proyectarán chorros de alta presión sobre el prototipo.
- E.5.4.4 La prueba se considerará superada si el dispositivo IMD no se ha abierto durante el tiempo de rociado ni durante los siguientes 60 segundos una vez finalizado el rociado. La duración mínima total de la prueba será por tanto de 120 seg.
- E.5.4.5 El Cuerpo Técnico verificará además que no se produzca acumulación de agua en zonas de riesgo para el sistema eléctrico.
- E.5.4.6 Se recomienda llevar medios para el secado del prototipo tras la prueba.

ARTÍCULO 6: DYNAMIC SAFETY CHECK

E.6.1 Aplicación

La etapa Dynamic Safety Check consiste en una serie de verificaciones en pista sobre los prototipos realizadas por pilotos profesionales de la Organización. Las verificaciones descritas en el presente artículo afectan a los prototipos presentados para las Categorías “MotoStudent Petrol” y “MotoStudent Electric”.

E.6.2 Procedimiento

Un Piloto Oficial de la Organización realizará una serie de pruebas dinámicas en pista para verificar el correcto funcionamiento del prototipo.

Para que el prototipo se considere como apto para la participación en MotoStudent deberá cumplir:

- E.6.2.1 El prototipo deberá arrancar, iniciar la marcha y avanzar por sus propios medios.
- E.6.2.2 El prototipo deberá frenar correctamente tanto en conducción suave como deportiva.
- E.6.2.3 El prototipo deberá poder realizar correctamente giros a diferentes velocidades.
- E.6.2.4 El Piloto Oficial determinará si el prototipo cumple los requisitos básicos de seguridad para tomar parte en la Competición.

E.6.3 Vuelta a circuito

Una vez verificados los diferentes aspectos, el Piloto Oficial de la Organización podrá dar una vuelta completa al Circuito de Velocidad para verificar la aptitud del prototipo en pista.

E.6.4 Validación

- E.6.4.1 Si el prototipo se considera como apto tras el Dynamic Safety Check, será marcado con el correspondiente adhesivo, y el equipo podrá pasar a participar en la fase MS2.



Ejemplo orientativo de adhesivo de verificación

ARTÍCULO 7: RECTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

E.7.1 Tiempo de rectificación

- E.7.1.1 Si el prototipo se considera como “no apto” tras alguna de las etapas de Verificaciones Previas, la Organización permitirá un período para que el equipo pueda rectificar, en su propio box, los fallos detectados por la Organización. Tras ese período el prototipo volverá a ser examinado para verificar que cumple con el Reglamento.
- E.7.1.2 Si tras el cierre del horario establecido para cada etapa de Verificaciones Previas el prototipo no ha sido considerado como “apto”, el equipo quedará automáticamente eliminado de la fase MS2, pero podrá seguir participando en la Fase MS1. Ningún prototipo será aceptado en la Fase MS2 sin haber superado las fases de Verificaciones Previas dentro de los horarios establecidos.

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN F: REGLAMENTO MS1

ARTÍCULO 1: OBJETIVOS

La Fase MS1 refleja la evolución del proyecto MotoStudent por parte de cada equipo durante el desarrollo de la Competición. Los equipos participantes deben presentar al Jurado y Organización el proceso completo de diseño y desarrollo del prototipo, y un proyecto teórico de creación de un equipo de carreras.

Esta fase dará a los estudiantes participantes la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante su formación en un proyecto empresarial “real”, mostrando los detalles y dificultades que un proyecto empresarial puede confrontar, y cómo debe realizarse el proceso para lanzar un producto al mercado.

F.1.1 Escenario del Proyecto MS1

Para la realización del Proyecto MS1, los equipos deberán trabajar sobre el supuesto de la creación de un equipo de carreras que participará en el campeonato ficticio MotoStudent World Series, con el prototipo llevado a cabo en la VI Edición de la Competición Internacional MotoStudent.

F.1.1.1 MotoStudent World Series constará de las siguientes 6 carreras:

Ubicación	Fecha
Nueva York (EEUU)	Junio, 2020
Buenos Aires (Argentina)	Junio, 2020
Pekín (China)	Julio, 2020
Bombay (India)	Julio, 2020
Roma (Italia)	Septiembre, 2020
MotorLand Aragón - Alcañiz (España)	Octubre, 2020

F.1.2 Generalidades del Proyecto MS1

El Proyecto MS1 debe recoger el diseño, desarrollo y fabricación del prototipo (motocicleta de carreras) desarrollado por el equipo para su participación en la VI Edición de la Competición Internacional MotoStudent y para el escenario ficticio MotoStudent World Series, descrito en el Art. F.1.1.

ARTÍCULO 2: ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO

F.2.1 Apartados del Proyecto

El proceso básico de Diseño y Desarrollo se organiza y estructura para tener en cuenta todos los aspectos necesarios que hagan que el prototipo cumpla las necesidades para las que se ha ideado. Por ello, los apartados obligatorios que debe incluir el Proyecto MS1 vienen definidos a continuación.

F.2.1.1 El Proyecto MS1 deberá comprender los siguientes apartados:

- A.- Concept development
- B.- Product design
- C.- Prototyping and testing
- D.- Innovation
- E.- Business plan

F.2.2 Chapter A: Concept development

La primera etapa considera el escenario del Proyecto MS1 y los objetivos que se pretenden alcanzar. Esta parte debe responder a dos aspectos fundamentales:

- ¿Cómo debe comportarse el prototipo?
- ¿Bajo qué restricciones y requisitos debe ser diseñado?

F.2.2.1 Como guía, para la definición del Chapter A: “Concept development”, deberán tenerse en cuenta al menos las siguientes condiciones de diseño:

- Reglamento de Competición, proporciona los requisitos técnicos.
- Know how del equipo.
- Recursos del equipo (recursos humanos, herramientas software y hardware, medios disponibles...).
- Metodologías para pre-dimensionamiento de componentes o sistemas.
- Restricciones geométricas y dimensionales e integración con el piloto.

F.2.2.2 El propósito de esta etapa es verificar si la idea es técnicamente viable. Teniendo en cuenta las condiciones de diseño (Ver Art. F.2.2.1), los equipos deberán tomar ciertas decisiones para definir el concepto de equipo y del prototipo con el que competirán posteriormente: organigrama, personal, modos de uso, geometría, materiales, elementos estructurales, componentes comerciales; sin entrar en más detalles constructivos que los estrictamente necesarios para definir un diseño básico que cumpla con la función y los requisitos. Se recomienda usar técnicas como por ejemplo, la de matrices QFD.

F.2.2.3 En esta etapa debe realizarse el análisis de las diferentes alternativas de diseño para los sistemas funcionales que conformen el prototipo (ver Art. F.2.2.4). Se valorará que se hayan tenido en cuenta soluciones desarrolladas internamente por los equipos.

F.2.2.4 Sistemas funcionales genéricos que conforman el prototipo:

- Structure
- Powertrain
- Suspension
- Wheels
- Brakes
- Aerodynamics
- Others

F.2.2.5 En el Chapter A se recomienda identificar y controlar ciertos parámetros que nos permitan monitorizar a lo largo del desarrollo del Proyecto si los objetivos iniciales de diseño se están cumpliendo. Algunos ejemplos recomendados de estos parámetros pueden ser: posición planteada del centro de gravedad (CdG), peso mínimo del prototipo, cotas de ergonomía, prestaciones, etc.

F.2.2.6 Los apartados mínimos que deberá incluir el Chapter A del Proyecto serán:

- A.1. Análisis de alternativas para los diferentes sistemas funcionales: chasis, suspensiones, transmisión, etc.
- A.2. Un documento con los casos de cargas a utilizar en los cálculos estructurales.
- A.3. Un AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) de diseño y la evaluación de riesgos técnicos.
- A.4. La decisión “Make or Buy” de los principales sistemas.
- A.5. Una especificación de requisitos aplicables al prototipo completo, y su grado de cumplimiento al final de esta etapa (por ejemplo, la estimación del peso mínimo y el % de cumplimiento respecto al marcado por el Reglamento).
- A.6. Una especificación de requisitos que aplicará a cada uno de los principales sistemas.
- A.7. Un borrador de diseño (3D / 2D), y planos generales mostrando las restricciones geométricas, interfaces y geometría básica.
- A.8. Un plan de validación preliminar, donde se reflejará la estrategia a seguir para las pruebas que se harán a sistemas o componentes, o al prototipo completo, para verificar que el diseño responde a los requisitos. Puede enfocarse, de manera no exclusiva, mediante:
 - Validación por analogía (componentes no críticos y bajo justificación).
 - Validación por cálculos (mediante modelos de cálculo debidamente correlados o herramientas software).
 - Validación en banco, de componentes o prototipo completo.
 - Validación en pista, de prototipo completo.

F.2.3 Chapter B: Product design

Con el planteamiento definido en el Chapter A “Concept development”, la etapa de “Product design” se debe centrar en la generación de la documentación necesaria para llevar el diseño a cabo.

F.2.3.1 Es en esta parte donde debe asegurarse la integridad estructural de los componentes del prototipo bajo los esfuerzos estructurales planteados en el Chapter A.

F.2.3.2 Deberá generarse la totalidad de documentación necesaria para construir el prototipo. Esta parte deberá incluir, al menos, la siguiente información:

- B.1. Cálculos de detalle de esfuerzos (cargas) dinámicos y estáticos.
- B.2. Cálculos estructurales.
- B.3. Cálculos termodinámicos.
- B.4. Cálculos de prestaciones, incluyendo aerodinámica si procede.
- B.5. Documentación para la fabricación: planos principales acotados y conjuntos.
- B.6. Descripción de compra de componentes comerciales.
- B.7. Plan de validación y prototipado definitivo, que asegure la correcta integración futura de los componentes y las prestaciones.

F.2.4 Chapter C: Prototyping and testing

Prototipar el modelo es el proceso de fabricación real basado en las ideas reflejadas en los Chapters A y B del Proyecto MS1. El equipo debe fabricar, comprar, montar y probar los componentes del diseño realizado para conseguir un prototipo de motocicleta integrado y viable.

F.2.4.1 El Prototyping and testing del Proyecto MS1 debe reflejar el grado de correlación de las simulaciones, diseños y cálculos reflejados en los Chapter A y B con las condiciones de funcionamiento real del prototipo.

F.2.4.2 El Chapter C deberá incluir un informe con la descripción y los resultados de las diferentes pruebas llevadas a cabo durante la fabricación, construcción y puesta a punto del prototipo. Las pruebas analizadas pueden ser, por ejemplo:

- Pruebas de componentes en bancos específicos.
- Pruebas del vehículo completo en banco: banco de ensayos, túnel de viento, banco de esfuerzos, etc.
- Pruebas del vehículo completo en pista: informe de las distintas pruebas en pista con piloto.
- Ensayos previos de las Verificaciones Previas planteadas en la Sección E del presente Reglamento, y que se llevarán a cabo en el Evento Final.
- Ensayos previos de las Pruebas Dinámicas de la Fase MS2 planteadas en la Sección G del presente Reglamento, y que se llevarán a cabo en el Evento Final.
- Justificación de diferencias entre proyecto inicial y prototipo final.

F.2.4.3 Como consecuencia de este proceso de construcción y pruebas, es posible que se originen rediseños en el prototipo. Deben justificarse y documentarse estos rediseños durante esta etapa.

F.2.4.4 El objetivo final de esta etapa es tener en pista un prototipo competitivo y completamente funcional.

F.2.4.5 Atendiendo a las condiciones descritas, los apartados mínimos que deberá incluir el Chapter C: Prototyping and testing, deben ser:

- C.1. Informe de descripción de desviación: deberán reflejarse todos los problemas detectados al fabricar el prototipo que puedan causar cambios en el diseño o prestaciones descritos y estimados en los Chapters A y B del Proyecto MS1. Estos cambios se deberán desarrollar y justificar.
- C.2. Informe de validación: donde se muestren los resultados de los tests realizados durante el desarrollo y construcción del prototipo, asegurando que cumple con todos los requisitos reflejados en el Reglamento Técnico de la Competición.

F.2.5 Chapter D: Innovation

El objetivo de este capítulo es evaluar la capacidad de creatividad y entrega por parte de los equipos de MotoStudent, y sobre todo desde el aspecto formal que la innovación representa. El prototipo final debe incluir una innovación en su desarrollo, por lo que ésta debe contemplar la viabilidad técnica de su fabricación.

Innovar representa un reto en sí mismo, representando el acto o proceso de introducir nuevas ideas, dispositivos o métodos. Etimológicamente hace referencia al hecho de “hacer nuevo”.

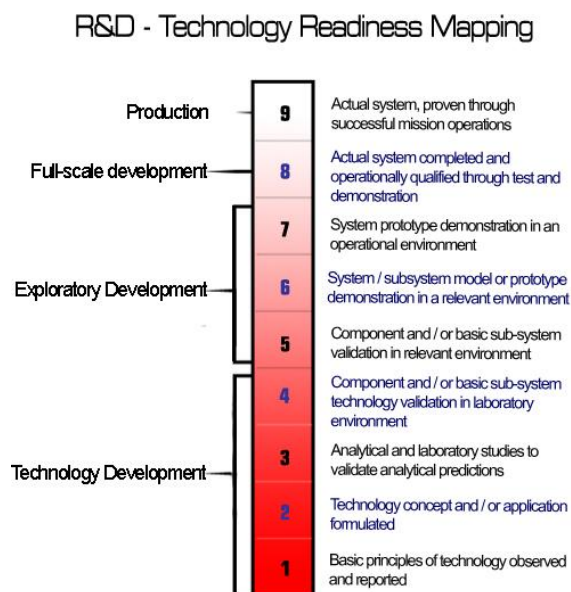
Las soluciones innovadoras adoptadas pueden ser principalmente de dos tipos:

- Táctica: dicha innovación hace referencia a un producto o solución técnica, y se ampara en el resultado final, donde un objeto constituye la invención.
- Operacional: la innovación hace referencia a un proceso, donde la importancia la toma la secuencia ordenada de elementos utilizados para obtener un resultado diferente o de mejor calidad.

Por lo tanto, la innovación presentada puede ser una innovación pura en sí misma o una combinación novedosa de medios, elementos o componentes conocidos o existentes.

F.2.5.1 Todos los prototipos presentados deben incorporar una solución innovadora.

F.2.5.2 Asimismo, la innovación desarrollada debe contener un grado de madurez tecnológica mínimo. Los niveles de desarrollo de las tecnologías se pueden medir por varios métodos, utilizando la siguiente escala se permite valorar dicho grado de madurez:



Todos los proyectos de innovación deben llegar al nivel 7, al estar implantados en el prototipo real y en condiciones reales de uso, pero debe analizarse el nivel de partida, y el esfuerzo de desarrollo (dedicación y costes), empleados en cada caso.

F.2.5.3 La innovación incluida en el prototipo debe cumplir con las indicaciones descritas en el Reglamento Técnico de la Competición.

F.2.5.4 El desarrollo del proyecto de innovación deberá incluir, al menos, los siguientes apartados:

- F.1. Preámbulo o situación de partida: explicación de dónde y cómo surge la idea de desarrollo y la necesidad de aplicar esta innovación en el mercado, identificando diversas soluciones estratégicas propuestas al problema a resolver.
- F.2. Estado del arte y riesgo de infracción: analizando la viabilidad o factibilidad tecnológica de la innovación elegida, y las posibles situaciones de fallo o error que pudiera contener.
- F.3. Proceso de investigación: tras el análisis previo de la innovación, se detectarán necesidades y competencias del mercado global, oportunidades, cambios sociales y la dinámica del entorno, comparando así la solución propuesta con el mercado y el conocimiento tecnológico existente, y detectando de este modo los posibles gaps de la innovación.
- F.4. Prueba del concepto: una vez identificada la innovación y el objetivo, se detallará el desarrollo y análisis de sus fases, diseño en detalle de la innovación y prototipado, así como los ensayos o test del producto.
- F.5. Planos y simulaciones.
- F.6. Viabilidad de mercado: estudio de la posibilidad de introducción en el mercado de motocicletas de competición, de calle o en otras variantes tecnológicas relacionadas, desde el punto de vista de desarrollo técnico y viabilidad de fabricación y aceptación o preparación a dicha nueva tecnología por los potenciales clientes.
- F.7. Conclusiones.

F.2.6 Chapter E: Business plan

El Business plan debe reflejar un informe mediante el cual se desarrolle el modelo de negocio para cumplir con el escenario del Proyecto MS1 reflejado en el Art. F.1.1.

Se considerará que, para participar en el escenario ficticio MotoStudent World Series, todos los equipos deberán actuar como entidades.

F.2.6.1 Las cifras reflejadas en este informe deben referirse a las cifras reales a las que se enfrenta el equipo, sin incluir tasas e impuestos. La unidad monetaria oficial es el Euro (€) y los tipos de cambio a aplicar deben ser los oficiales a cierre del ejercicio de 2018.

F.2.6.2 Los apartados mínimos que deberán desarrollarse en el “Chapter E: Business Plan” del Proyecto MS1 serán:

E.1. Resumen ejecutivo. Visión preliminar del negocio donde mostrar el perfil y objetivos de la entidad. Debe incluir una serie de puntos clave:

- Información de la entidad: Nombre, forma jurídica, fecha de constitución, promotores, producto o servicio...
- Objetivos de la entidad: Misión y visión.
- Información financiera básica sobre fuentes y fondos obtenidos para la puesta en marcha de la entidad.

E.2. Análisis de mercado, entorno y las propias capacidades (análisis DAFO). Debe incluir los siguientes aspectos básicos:

- Análisis externo:
 - Entorno general: los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, legales y ecológicos que pueden influir en el proyecto.
 - Entorno específico: análisis del sector donde se va a operar en términos globales (características económicas, tasa de crecimiento y evolución prevista, regulaciones, facilidad de entrada y competidores, poder negociador de proveedores...).

- Análisis Interno: Factores internos que pueden afectar a la empresa, al equipo y al proyecto, como:
 - Capacidades personales (RRHH, formación, experiencia...)
 - Capacidades de gestión
 - Capacidades técnicas
 - Capacidades comerciales
 - Capacidades económicas y financieras
- Análisis DAFO: Listado de debilidades y fortalezas (análisis interno) y amenazas y oportunidades (análisis externo) del proyecto.

E.3. Objetivos y líneas estratégicas. Principales objetivos de la idea y las estrategias para alcanzarlos. Una vez establecidos, deben concretarse los Planes de Actuación (la planificación táctica y operativa que posibilitará alcanzar las metas fijadas).

E.4. Planes de Actuación basados en los objetivos y estrategias planteados en el punto anterior:

- Plan de Marketing: Marketing Mix, plan de acción, control del presupuesto y definición de métricas.
- Plan de Recursos Humanos: organigrama, selección de personal en cada carrera, etc.
- Plan de operaciones y logística: proceso productivo, análisis “Make or Buy”, infraestructuras y transporte.
- Plan Económico-Financiero: plan de financiación y estructura de costes, incluyendo el “Prototype Detailed Cost”, en base al siguiente esquema:

PROTOTYPE DETAIL COST							
Item Nº	Manufacturing Part Number	Part Name	Make / Buy	Manufacturer Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
001	01-FR-001-001	Frame	Make	TEAM	3	4050,82 €	12152,46 €
002
...

- Item Nº: Orden numérico de la pieza en el listado.

- Manufacturing Part Number: Referencia alfanumérica asignada por cada equipo que identifica a cada pieza o elemento. Debe seguir el siguiente formato:

System Assembly Subassembly Part
00-AA-111-222

- System: El conjunto del prototipo se descomponen en los 7 siguientes sistemas:
 - 01 – Structure
 - 02 – Powertrain
 - 03 – Suspension
 - 04 – Wheels
 - 05 – Brakes
 - 06 – Aerodynamics
 - 07 – Others
- Assembly: Conjunto de nivel inmediatamente inferior a los sistemas.
- Subassembly: Conjunto de nivel inmediatamente inferior a los ensamblajes (assemblies).
- Part: Número de la pieza que compone el subassembly. La numeración debe ser ascendente.
- Part Name: Nombre único de cada pieza, subensamblaje o ensamblaje.
- Make / Buy: Identificación de si la pieza, subensamblaje o ensamblaje ha sido adquirido a un fabricante externo o es de diseño y producción propia.
- Manufacturer Name: Nombre del fabricante de la pieza, subensamblaje o ensamblaje.
- Quantity: Cantidad de cada elemento.
- Unit Cost: Coste unitario de cada elemento.
- Total Cost: Coste total de cada elemento. Es el resultante de multiplicar el coste unitario por la cantidad.

ARTÍCULO 3: HITOS Y ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN

F.3.1 Calendario de Hitos

Atendiendo al Calendario de la Competición, definido en el Art. A.6.1 del presente Reglamento, cada parte del Proyecto MS1 deberá entregarse en formato digital a la Organización en los plazos establecidos.

F.3.1.1 Estas entregas son completas y definitivas, y serán evaluadas de cara a la asignación de puntuación final.

F.3.1.2 Los hitos fijados corresponden a la entrega de las diferentes partes que componen el Proyecto MS1, debiéndose remitir a la Organización en los plazos reflejados en el Calendario del Art. A.6.1.

F.3.2 Formato de entrega documentación

F.3.2.1 Cada parte del Proyecto MS1 deberá entregarse en formato digital en los plazos establecidos.

F.3.2.2 Cada parte del Proyecto MS1 podrá tener un número libre de páginas, siempre que el número total final del Proyecto MS1 completo no exceda de 200 páginas (no se valorará a partir de la página 200), incluyendo cualquier tipo de anexo, portada, índice, planos, etc. Se recomienda dedicar un 60% del grueso total del proyecto a las partes (Chapters) A, B, C y D; y un 40% a la parte E.

F.3.2.3 El Proyecto MS1 debe ser entregado en formato A4 tanto digitalmente como en la copia impresa entregada a la Organización en el momento del registro del equipo en el Evento Final. Se considera una página un folio DIN A4, aunque también se considerará una única página un folio DIN A3, cuando su uso sea exclusivamente para la entrega de planos.

F.3.2.4 Las páginas de cada parte deberán ir numeradas, incluyendo subíndices, subportadas o anexos. El formato de numeración deberá reflejar la parte a que corresponde cada página, es decir: A1, A2, A3..., B1, B2, B3... Para la portada principal e índice general no será necesario reflejar esta numeración, pero se deberá tener en cuenta la limitación total de 200 páginas.

F.3.2.5 Cada una de las partes entregadas (A, B, C, D y E) deberá contar con una subportada y un subíndice propios.

F.3.2.6 Adjuntos a las entregas del Proyecto MS1 en PDF se podrán entregar los archivos de CAD, vídeos y simulaciones que se consideren oportunos. No se admitirán como archivos anexos cualquier documento o plano en formato PDF, imágenes u otros aspectos que puedan estar contenidos dentro de las partes del Proyecto MS1.

F.3.2.7 El formato empleado deberá ser el siguiente:

- Márgenes:
 - Izquierdo: 3cm
 - Derecho: 3cm
 - Superior: 2,5cm
 - Inferior: 2,5cm
- Espacio interlineal: 1,5
- Espaciado entre párrafos
 - Anterior: 0 puntos
 - Posterior: 6 puntos
- Fuente: Arial
- Tamaño: 11 (exceptuando títulos y subtítulos)

~~F.3.2.8 En el momento de registro del equipo en el Evento Final deberá entregarse a la Organización la copia impresa del Proyecto MS1. Esta copia estará compuesta por todas las partes ya entregadas anteriormente en formato digital a la Organización en las fechas establecidas en el calendario de entregas de MS1.~~

F.3.3 Cambios o modificaciones tras la entrega

F.3.3.1 No se admitirá ningún cambio o modificación sobre la documentación entregada.

ARTÍCULO 4: PRESENTACIÓN ANTE JURADO

Para la evaluación de la fase MS1 de la Competición, ~~durante el Evento Final~~ se realizarán dos presentaciones ~~virtuales ante jurado~~:

- MotoStudent Pitch
- MS1 Finals

F.4.1 MotoStudent Pitch

La primera presentación, denominada “MotoStudent Pitch”, será obligatoria para todos los equipos y reflejará una introducción general del Proyecto MS1.

F.4.2 MS1 Finals

La segunda presentación, denominada “MS1 Finals”, reflejará todos los apartados del Proyecto MS1 de manera más detallada que en la presentación “MotoStudent Pitch”.

F.4.3 Método de exposición

F.4.3.1 La presentación “MotoStudent Pitch” dispondrá de un tiempo de 20 minutos (15’ exposición + 5’ preguntas del jurado).

Esta presentación será grabada por los Equipos en formato mp4 y entregada a la Organización de MotoStudent en el MS1 Delivery 6: MS1 Presentations.

F.4.3.2 La presentación “MS1 Finals” se realizará con el prototipo presente en un tiempo de 35 minutos (30’ exposición + 5’ preguntas del jurado).

Las presentaciones MS1 Finals se realizarán mediante videoconferencia con el jurado. La fecha y hora de la presentación será acordada entre el Equipo y el Jurado.

F.4.3.3 No se admiten restricciones de confidencialidad por parte de los equipos. Si un equipo no quiere mostrar algún aspecto del prototipo o del proyecto, la puntuación de la parte correspondiente del proyecto y presentación será cero.

- F.4.3.4 Cada presentación la realizarán como máximo 3 alumnos, ~~el resto del equipo podrá estar presente en las mismas como oyente, pero no podrá haber público ajeno al mismo.~~
- F.4.3.5 ~~El jurado, si así lo estimara oportuno, podrá realizar preguntas a oyentes concretos que se encuentren en la sala para valorar de esta manera el grado de implicación del equipo.~~
- F.4.3.6 Los alumnos ponentes podrán apoyarse en una presentación en formato digital, ~~para la cual la Organización dotará de proyector o pantalla.~~
- F.4.3.7 ~~Para realizar las presentaciones, los alumnos ponentes deberán llevar su propio ordenador portátil y cables VGA y HDMI.~~
- F.4.3.8 ~~Los equipos deberán llevar a la sala de exposición su presentación digital en un dispositivo de almacenamiento externo USB.~~
- F.4.3.9 La presentación digital podrá incluir imágenes y vídeos. Los videos no incluirán narración, deberán ser los ponentes los que expliquen o comenten el contenido del vídeo, en caso de ser necesario. Durante las explicaciones, el ponente deberá estar visible, con una doble ventana, por ejemplo.
- F.4.3.10 En las presentaciones se permitirá mostrar en directo piezas o elementos que se consideren oportunos para una mejor explicación, así como apoyarse en otros medios de difusión distintos a la presentación digital (folletos, esquemas, etc.).
- F.4.3.11 ~~Los tutores de cada proyecto únicamente podrán asistir como oyentes, quedando explícitamente prohibida su participación en ningún punto de la exposición ni del turno de preguntas.~~
- F.4.3.12 Todos los ponentes deberán presentarse con nombres y apellidos, y mostrarán a la cámara un documento identificativo con fotografía como prueba de identidad. Este procedimiento será obligatorio para las presentaciones Pitch y Finals.
- F.4.3.13 La introducción mencionada en el Artículo F.4.3.12 será considerada independiente de la presentación, y por lo tanto, no se tendrá en cuenta para el cálculo del tiempo máximo mencionado en los Artículos F.4.3.1 y F.4.3.2.

ARTÍCULO 5: EVALUACIONES

F.5.1 Evaluación

F.5.1.1 La evaluación de la Fase MS1 se llevará a cabo por un Jurado de expertos profesionales en diferentes áreas de la Industria, Innovación, Automoción y MotorSport.

F.5.1.2 La presentación “MotoStudent Pitch” será obligatoria para todos los equipos.

F.5.1.3 A la presentación “MS1 Finals” optarán, como máximo, 9 equipos por cada categoría:

- 3 equipos con mayor puntuación en la clasificación “Best Design”
- 3 equipos con mayor puntuación en la clasificación “Best Innovation”
- 3 equipos con mayor puntuación en la clasificación “Best MS1 Project”

Para elaborar las clasificaciones se tendrá en cuenta la valoración previa del jurado experto (MS1 Project Deliveries), las penalizaciones aplicadas al Proyecto MS1 según el Art. A.6.7 y la puntuación obtenida en la presentación “MotoStudent Pitch”.

F.5.1.4 Los equipos deberán cumplir ~~el orden y~~ los horarios de presentación **MS1 Finals**. De no ser así se les aplicará una falta leve que repercutirá sobre la puntuación final.

F.5.2 Puntuaciones

La fase MS1 será evaluada sobre un total de 500 puntos, que se distribuirán de la siguiente manera:

Entregas previas	Puntuación
A. Concept development	50
B. Product design	75
C. Prototyping and testing	75
D. Innovation	100
E. Business plan	100
Presentaciones Evento Final	Puntuación
MotoStudent Pitch	60

MS1 Finals	40
TOTAL	500

Award		Part	MS1 Deliveries	MotoStudent Pitch	MS1 Finals	TOTAL
Best MS1 Project	Best Design	A	50	20	20	240
		B	75			
		C	75			
	Best Innovation	D	100	10	10	120
		E	100	30	10	140
TOTAL			400	60	40	500

F.5.2.1 La evaluación del jurado será inapelable.

F.5.2.2 Únicamente los equipos seleccionados de cada categoría (hasta 9, 3 Design, 3 Innovation y 3 MS1 Project) podrán optar a la puntuación de la presentación “MS1 Finals”, siendo para ellos la puntuación máxima en la Fase MS1 de 500 puntos. El resto de equipos no seleccionados optarán a una puntuación máxima de 460 puntos en dicha fase.

F.5.2.3 En caso de empate, la Organización aplicará la metodología de desempate que considere y justifique.

F.5.2.4 Si la puntuación de un equipo en la Fase MS1 no es igual o superior a 200 puntos, será obligado a realizar un Handicap durante la carrera final de la Fase MS2, tal y como se establece en el Art.G.8.4.

F.5.3 Premios

La Fase MS1 otorgará, para cada Categoría, los siguientes premios:

F.5.3.1 El premio “Best MS1 Project” será concedido al equipo de cada Categoría que obtenga la máxima puntuación en el total de la Fase MS1.

F.5.3.2 El premio “Best Design” será concedido al equipo de cada Categoría que haya obtenido mayor puntuación en la suma de las partes A, B y C (A: Concept development, B: Product design, C: Prototyping and testing).

F.5.3.3 El premio “Best Innovation” será concedido al equipo de cada categoría que haya obtenido la mayor puntuación en el “Apartado D Innovation”.

F.5.3.4 La Organización se reserva el derecho de añadir nuevos premios a lo largo del desarrollo de la Competición.

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN G: REGLAMENTO MS2

ARTÍCULO 1: OBJETIVOS Y CONDICIONES

La Fase MS2 consiste en una serie de pruebas planteadas para evaluar el comportamiento dinámico y las prestaciones del prototipo fabricado.

G.1.1 Requisitos

Para tomar parte en la Fase MS2 la Organización impone una serie de requisitos indicados a continuación.

G.1.1.1 Los prototipos deberán haber superado las verificaciones previas (Sección E) para participar en la Fase MS2, y deberán presentarse en las condiciones aptas para tomar parte en las pruebas dinámicas. El Cuerpo Técnico de la Organización podrá chequear en todo momento las condiciones de los prototipos.

G.1.2 Comité Deportivo MS2

La Fase MS2 será controlada y dirigida por el Comité Deportivo MS2, que estará formado, al menos, por los siguientes cargos oficiales:

- Director General de la Competición
- Director Deportivo de la Competición
- Director de Carrera
- Director de Carrera Adjunto
- Comisarios Deportivos (Coordinadores de oficiales de pista)
- Director de cronometraje
- Director Técnico de la Competición
- Jefe de Oficiales Técnicos

ARTÍCULO 2: PILOTO

Cada equipo deberá presentar un piloto que será el encargado de manejar el prototipo durante las pruebas de la Fase MS2. Con el fin de equiparar ventajas entre equipos, y dado que el objetivo de MotoStudent es evaluar el desarrollo de ingeniería sobre el prototipo, se han tomado las siguientes consideraciones acerca del piloto a escoger:

G.2.1 Elegibilidad del Piloto

G.2.1.1 El piloto se considera componente e integrante del equipo desde el momento que sea aprobado por la Organización, y tendrá los mismos derechos y obligaciones que cualquier otro integrante del equipo con excepción de los requisitos académicos, que no le aplican.

G.2.1.2 El piloto no deberá abonar cuota de inscripción en la Competición.

G.2.1.3 El piloto deberá superar la mayoría de edad (18 años) en el día de inicio del Evento Final en 2020.

G.2.1.4 No se permitirá la inscripción de pilotos que hayan participado desde el año 2010 (incluido) en competencias con categoría FIM Internacional en las siguientes disciplinas:

- Circuit Racing (Velocidad en Circuito, incluyendo resistencia)
- Motocross
- Enduro
- Rallies
- Track Racing

Se incluye en esta restricción cualquier piloto que haya participado como Wild Card en cualquiera de estas disciplinas.

Se exceptúa en este apartado la participación en anteriores ediciones de MotoStudent.

G.2.1.5 Un alumno puede estar federado y participar como piloto. Sin embargo, si no está inscrito como integrante del equipo, podrá pilotar el prototipo, pero no manipularlo como técnico. Si tal alumno desea ser piloto y manipular el prototipo deberá inscribirse y pagar las tasas correspondientes.

- G.2.1.6 Cada piloto estará inscrito en un equipo específico, y podrá participar únicamente con ese equipo en la Categoría donde esté inscrito exclusivamente. No se podrá compartir el mismo piloto entre distintos equipos, ni siquiera en aquellos que representen a una misma universidad, aunque participen en categorías distintas.
- G.2.1.7 El piloto está obligado a asistir a las sesiones de Briefing previas a la realización de pruebas de la Fase MS2, así como a presentarse ante la Organización en caso de ser requerido.
- G.2.1.8 En caso de abandono del piloto durante el Evento Final (ya sea por baja médica o por otra causa de fuerza mayor) no será posible asignar un piloto sustituto para completar la Fase MS2.

G.2.2 Requisitos Federativos del Piloto

- G.2.2.1 El piloto deberá acreditar estar federado para su participación en el Evento Final. Para ello, deberá estar cubierto por una Licencia Federativa de una Federación de Motociclismo Oficial que permita su participación en una prueba FIM Internacional como es MotoStudent. Seguros para tandas libres u otras licencias federativas que no cubran las características de Competición FIM Internacional no serán válidas para la participación en MotoStudent.
- G.2.2.2 Los pilotos participantes en MotoStudent deberán acreditar el cumplimiento de los siguientes requisitos federativos:
- Pilotos españoles:
 - Licencia Única CE (puede ser temporal para el Evento Final)
ó
 - Licencia Internacional FIM
ó
 - Licencia Territorial de la Federación Aragonesa de Motociclismo (FARAM)
 - Pilotos no españoles:
 - Licencia Única CE (puede ser temporal para el Evento Final) + Permiso de salida de su Federación (Start Permission)
ó
 - Licencia Internacional FIM + Permiso de salida de su Federación (Start Permission)

* Estos requisitos federativos podrán variar en función de las condiciones impuestas por las federaciones de motociclismo implicadas (FIM, RFME y FARAM) para la temporada 2020.

G.2.2.3 Los equipos podrán tramitar Licencias temporales para sus pilotos vía online a través de cualquiera de las siguientes federaciones:

- Federación Aragonesa de Motociclismo (www.faram.es).
- Real Federación Motociclista Española (www.rfme.com).

G.2.3 Comunicación con el piloto

Está prohibida la comunicación mediante radio o cualquier otro medio de comunicación a distancia entre el equipo y el piloto durante la realización de las pruebas de la Fase MS2.

G.2.3.1 Únicamente se permite la comunicación entre equipo y piloto mediante la muestra de un panel informativo en el Pit Wall (muro), y únicamente durante las sesiones de Free Practice, Warm Up, Qualifying y Race.

G.2.3.2 El panel informativo deberá ser ligero, con unas dimensiones máximas de 1m de ancho x 1,5m de alto.

G.2.3.3 El panel informativo deberá ser mostrado por un solo integrante del equipo, que deberá mantenerlo fuertemente sujeto para evitar que caiga a la pista.

G.2.3.4 El panel informativo sólo podrá ser mostrado durante el paso del piloto por recta de meta.

ARTÍCULO 3: COMPORTAMIENTO DEPORTIVO

G.3.1 Climatología

La Organización se reserva el derecho a modificar los horarios e incluso los métodos de valoración por causa de imprevistos meteorológicos.

G.3.1.1 En caso de lluvia la Organización podrá determinar tres niveles de lluvia diferente:

- Ligera
- Moderada
- Intensa

G.3.1.2 Si la Organización determina lluvia “ligera”: las pruebas dinámicas MS2 en pista se podrán realizar sin problema tanto en las Categorías MotoStudent Petrol y MotoStudent Electric, aunque puede ser recomendable el uso de neumáticos de lluvia.

G.3.1.3 Si la Organización determina lluvia “moderada”: las pruebas dinámicas MS2 en pista se podrán realizar tanto en las Categorías MotoStudent Petrol y MotoStudent Electric, pero será obligatorio el uso de neumáticos de lluvia.

G.3.1.4 Si la Organización determina lluvia “intensa”: no se podrán realizar pruebas en exterior para ninguna de las dos Categorías, y los prototipos que se encuentren fuera de su box correspondiente deberán regresar a él de manera inmediata.

G.3.1.5 En caso de lluvia “intensa”, la Organización decidirá y comunicará si cancela o pospone alguna prueba.

G.3.1.6 Ante cualquier otra situación o imprevisto meteorológico, el Comité Deportivo MS2 decidirá y comunicará si se aplica algún aplazamiento o cancelación.

G.3.2 Acceso a pista

El acceso a pista de los prototipos deberá realizarse obligatoriamente a través de las salidas habilitadas por la Organización para cada prueba.

G.3.3 Comportamiento en pista

G.3.3.1 Toda maniobra de un piloto en pista en el sentido inverso al de carrera está prohibida.

G.3.3.2 En caso de incidente o avería, el piloto deberá, inmediatamente, dirigir su prototipo fuera de pista, en un lugar donde no represente peligro alguno para el normal desarrollo de la Competición y siempre fuera de la trayectoria del resto de pilotos.

- G.3.3.3 En pista está prohibido que cualquier persona se acerque a un prototipo parado en el circuito, a excepción del propio piloto, el Director de Carrera, sus adjuntos, los comisarios deportivos o Cuerpo Técnico.
- G.3.3.4 El Director de Carrera podrá detener un prototipo cuyo piloto haya cometido una infracción. Una bandera negra y el dorsal del prototipo indicarán al piloto que debe detenerse. Si tras dos vueltas el piloto no se detuviese en boxes, el Director de Carrera se dirigirá al Team Leader para que éste ordene la parada inmediata de su prototipo. Los motivos de esta decisión serán debidamente comunicados al Team Leader.
- G.3.3.5 El Director de Carrera o cualquier puesto de señalización (sólo a instancias del Director de Carrera) podrán indicar a un piloto que abandone inmediatamente la pista, debido a que el prototipo tiene problemas mecánicos susceptibles de constituir un peligro para él o para los otros pilotos. Una bandera negra con un círculo naranja y el dorsal del prototipo mostrados en cualquier puesto de señalización indicarán al piloto que debe abandonar inmediatamente la pista, sin completar la vuelta.

G.3.4 Comportamiento en Pit Lane

- G.3.4.1 La velocidad máxima de los prototipos a su paso por Pit Lane será de 60 km/h.
- G.3.4.2 Durante el desarrollo de la competición sólo podrán permanecer en el Pit Lane las personas debidamente acreditadas. La Organización podrá hacer desalojar de estas zonas a todas aquellas personas cuya permanencia no esté debidamente justificada.
- G.3.4.3 En el caso que una intervención sobre el prototipo suponga un derrame de líquidos, aceite o combustible sobre el suelo del Pit Lane (zona de trabajo), éste no podrá ser puesto en marcha hasta haber limpiado perfectamente tanto el prototipo como la zona afectada.
- G.3.4.4 Para poner el motor en marcha y retornar a pista, en el caso de que no funcione el dispositivo de arranque autónomo integrado en el motor, dos personas podrán ayudar al piloto a empujarlo hasta el final del Pit Lane. Está prohibida la puesta en marcha con baterías adicionales.
- G.3.4.5 Si un piloto, a la salida de su Box, tiene problemas en su prototipo antes de salir del Pit Lane, podrá retornar hacia su Box con el motor parado por la zona de trabajo acompañado de un oficial de Pit Lane.

- G.3.4.6 En las paradas en box únicamente podrán manipular el prototipo los alumnos del equipo registrados. El incumplimiento de esta norma puede suponer la exclusión del equipo.
- G.3.4.7 Durante las paradas en Pit Lane un máximo de 3 personas (incluido piloto), podrán intervenir sobre el prototipo. Se considerará intervención cualquier contacto con el prototipo (incluso si el piloto permanece sobre él, aunque no manipule nada).
- G.3.4.8 Si los trabajos se realizan dentro del Box, el número de miembros del equipo trabajando sobre el prototipo no está limitado. Durante las sesiones de carrera, introducir el prototipo en el interior del Box supondrá la retirada del equipo de dicha sesión.
- G.3.4.9 Los cambios de aceite u otros líquidos, así como los trabajos de limpieza del prototipo se realizarán sobre un recipiente y dentro del Box. Tras esta operación el equipo se asegurará de que el área utilizada quede perfectamente limpia.

G.3.5 Señales con banderas

Se utilizará el siguiente código de banderas para avisar a los pilotos durante el transcurso de las pruebas de la Fase MS2:

- Bandera roja: interrupción de la sesión.
- Bandera negra: parada inmediata del nº indicado. No podrá reemprender la marcha.
- Bandera negra con círculo naranja: parada inmediata del nº indicado por un problema mecánico. Si este se resuelve podrá volver a pista.
- Bandera amarilla: peligro inminente. Prohibido adelantar.
 - 1 bandera: peligro fuera de pista.
 - 2 banderas: peligro dentro de pista.
- Bandera amarilla con franjas rojas: deterioro de la adherencia de la pista.
- Bandera blanca con cruz diagonal roja: gotas de lluvia en esa sección de pista.
- Bandera verde: pista libre. Fin de la prohibición de adelantar.
- Bandera azul: el piloto va a ser adelantado por un/os piloto/s más rápido/s. Deben permitir el paso a los otros pilotos.

G.3.5.1 Todo aquel piloto que no respete las señales será sancionado.

G.3.6 Prioridad reglamentaria

Para cualquier situación o infracción deportiva no recogida en el presente Reglamento de la Competición, será el Reglamento Deportivo RFME para competiciones de velocidad 2020 el que regule el procedimiento a seguir.

ARTÍCULO 4: PRUEBAS DINÁMICAS

G.4.1 Objetivos y procedimiento

Las pruebas dinámicas consisten en una serie de pruebas preparadas para demostrar y evaluar el comportamiento y prestaciones de los prototipos.

G.4.1.1 Las pruebas dinámicas MS2 descritas en la presente Sección corresponden a las dos categorías de la Competición: “MotoStudent Petrol” y “MotoStudent Electric”. Cada categoría tendrá su propia puntuación independiente.

G.4.1.2 Las pruebas dinámicas en pista serán realizadas por el piloto presentado por cada equipo.

G.4.1.3 Aspectos de las pruebas como cotas, velocidades, orden de realización y métodos de medida pueden sufrir pequeñas variaciones en el momento del Evento Final, si la Organización así lo tuviera que determinar por cualquier causa.

G.4.1.4 Las pruebas dinámicas denominadas a continuación como “Test 1: Brake Test”, “Test 2: Gymkhana” y “Test 3: Acceleration” se realizarán dos veces, tomándose la mejor puntuación de ambas como la válida para el equipo.

G.4.2 Test 1: Brake Test

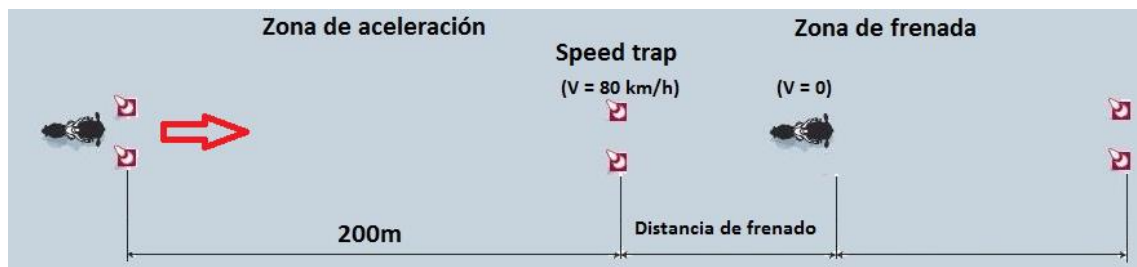
La prueba de frenado consistirá en una evaluación de la distancia necesaria para detener el prototipo por completo a partir de una velocidad mínima de 80 km/hora.

G.4.2.1 La salida se dará mediante bajada de bandera u otra señal similar por parte del oficial deportivo situado a la salida de la prueba.

- G.4.2.2 El piloto dispondrá de un tiempo máximo de 10 segundos desde la señal del oficial para comenzar la salida. En caso de no tomar la salida en este período quedará excluido de la prueba.
- G.4.2.3 La prueba se realizará a lo largo de una recta de 350m de longitud total.
- G.4.2.4 Se dispondrá de una longitud máxima de 200m para que el prototipo alcance una velocidad igual o superior a 80 km/h. La Organización dispondrá de un medidor de velocidad en ese punto para verificar que se está alcanzando esa velocidad.
- G.4.2.5 Al rebasar el punto de final de la recta de aceleración (punto de speed trap) el piloto tendrá que intentar detener el prototipo en la mínima distancia posible.
- G.4.2.6 Los comisarios medirán el punto de la vertical tangente al neumático delantero (parte más adelantada del prototipo).
- G.4.2.7 La distancia entre el punto descrito en el Art. G.4.2.6 y el speed trap será considerada la distancia de frenado calificable en esta prueba.
- G.4.2.8 La puntuación de la prueba de frenada se llevará a cabo una vez recogidas las distancias de frenada de todos los equipos.
- G.4.2.9 La puntuación de la prueba se otorgará según la clasificación de las distancias obtenidas (de menor a mayor distancia) en base al siguiente criterio:

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	60	18º	31	35º	14
2º	55	19º	30	36º	13
3º	52	20º	29	37º	12
4º	50	21º	28	38º	11
5º	48	22º	27	39º	10
6º	46	23º	26	40º	9
7º	44	24º	25	41º	9
8º	42	25º	24	42º	8
9º	40	26º	23	43º	8
10º	39	27º	22	44º	7
11º	38	28º	21	45º	7
12º	37	29º	20	46º	6
13º	36	30º	19	47º	6
14º	35	31º	18	48º	5
15º	34	32º	17	49º	5
16º	33	33º	16	50º	5
17º	32	34º	15	...	1

G.4.2.10 Descripción gráfica de la prueba.



Descripción gráfica del Test 1: Brake Test

G.4.2.11 Si la velocidad de pasada por el punto de speed trap es inferior a 80 km/h se tomarán las siguientes penalizaciones, que serán añadidas a la distancia de frenada obtenida.

Velocidad (km/h)	Penalización
79	+ 4 m
78	+ 6 m
77	+ 8 m
76	+ 10 m
75	+ 12 m
70-74	+ 20 m
<70	Medición nula

G.4.3 Test 2: Gymkhana

La segunda prueba consistirá en una pequeña gymkhana cronometrada.

G.4.3.1 La salida se dará mediante bajada de bandera u otra señal similar por parte del oficial deportivo situado a la salida de la prueba.

G.4.3.2 El piloto dispondrá de un tiempo máximo de 10 segundos desde la señal del oficial para comenzar la salida. En caso de no tomar la salida en este período quedará excluido de la prueba.

G.4.3.3 Se tomará el tiempo en realizar el recorrido completo mediante un sistema de células situadas al inicio y al final del recorrido.

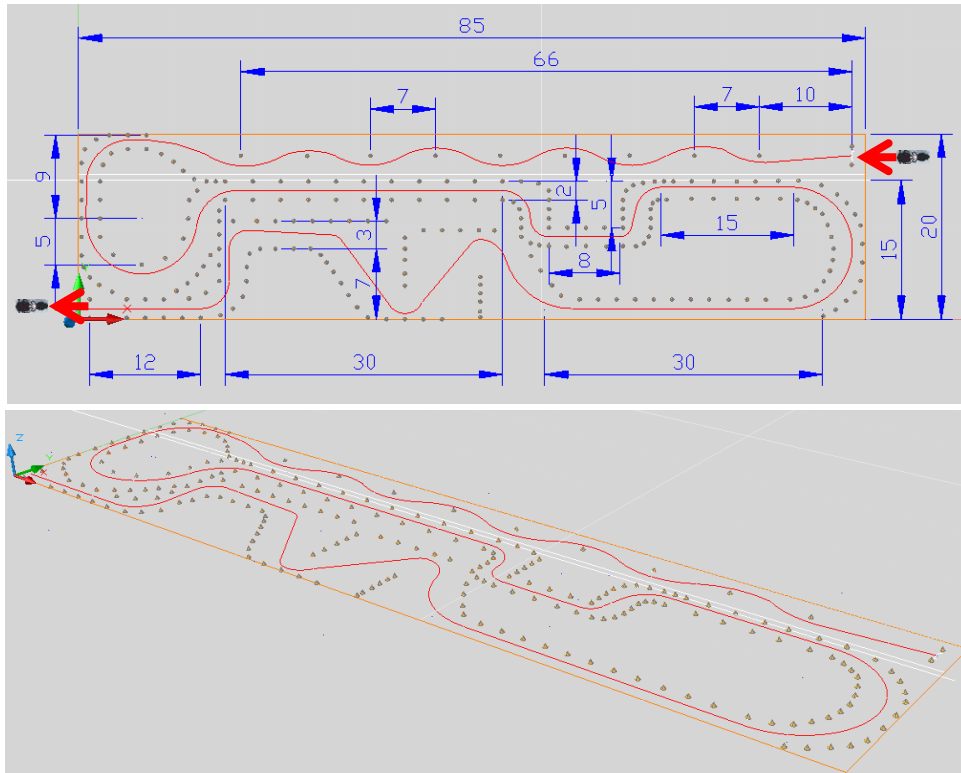
G.4.3.4 Las penalizaciones por fallos quedan recogidas en la siguiente tabla. Estas penalizaciones se sumarán al tiempo total de la prueba.

Fallo	Penalización
Desplazamiento de conos	+ 5 segundos / cono
Desplazar o tirar más de 5 conos	Prueba nula
No sobrepasar conos por el lugar correcto	+ 10 segundos / cono
No sobrepasar más de 3 conos por el lugar correcto	Prueba nula

G.4.3.5 La puntuación de la prueba se otorgará según la clasificación de los tiempos obtenidos (de menor a mayor tiempo) en base al siguiente criterio:

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	100	18º	46	35º	21
2º	90	19º	44	36º	20
3º	85	20º	42	37º	19
4º	80	21º	40	38º	18
5º	75	22º	38	39º	17
6º	70	23º	36	40º	16
7º	68	24º	34	41º	15
8º	66	25º	32	42º	14
9º	64	26º	30	43º	13
10º	62	27º	29	44º	12
11º	60	28º	28	45º	11
12º	58	29º	27	46º	10
13º	56	30º	26	47º	9
14º	54	31º	25	48º	8
15º	52	32º	24	49º	7
16º	50	33º	23	50º	6
17º	48	34º	22	...	5

G.4.3.6 Descripción gráfica de la prueba:



Descripción gráfica del Test 2: Gymkhana / * Cotas indicadas en metros (m)

G.4.3.7 Las cotas y geometrías reflejadas en las imágenes del Art. G.4.3.6 son orientativas, por lo que pueden sufrir ligeras variaciones en el planteamiento de la prueba durante el Evento Final.

G.4.4 Test 3: Acceleration

En esta prueba se medirá la aceleración máxima de cada prototipo desde parado en una recta de 150 m.

G.4.4.1 La salida se dará mediante bajada de bandera u otra señal similar.

G.4.4.2 El piloto tratará de recorrer los 150 m de pista en el mínimo tiempo posible (máxima aceleración).

G.4.4.3 La Organización tomará el tiempo total desde la salida del prototipo hasta su paso por el punto final del recorrido.

G.4.4.4 El piloto dispondrá de un tiempo máximo de 10 segundos desde la señal del oficial para comenzar la salida. En caso de no tomar la salida en este período quedará excluido de la prueba.

G.4.4.5 La puntuación del “Test 3: Acceleration” se llevará a cabo una vez recogidos los tiempos de todos los equipos.

G.4.4.6 La puntuación de la prueba se otorgará según la clasificación de los tiempos obtenidos (de menor a mayor tiempo) en base al siguiente criterio:

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	60	18º	31	35º	14
2º	55	19º	30	36º	13
3º	52	20º	29	37º	12
4º	50	21º	28	38º	11
5º	48	22º	27	39º	10
6º	46	23º	26	40º	9
7º	44	24º	25	41º	9
8º	42	25º	24	42º	8
9º	40	26º	23	43º	8
10º	39	27º	22	44º	7
11º	38	28º	21	45º	7
12º	37	29º	20	46º	6
13º	36	30º	19	47º	6
14º	35	31º	18	48º	5
15º	34	32º	17	49º	5
16º	33	33º	16	50º	5
17º	32	34º	15	...	1

G.4.4.7 Descripción gráfica de la prueba.



Descripción gráfica del Test 3: Acceleration

ARTÍCULO 5: SESIONES FREE PRACTICE

Las sesiones Free Practice se realizarán en el trazado Gran Prix FIM Internacional de MotorLand Aragón, con una longitud de 5.077,65m. Dicho Trazado viene representado en el Anexo 2 de la Sección J del presente Reglamento.

G.5.1 Desarrollo de las sesiones

Los equipos dispondrán de 2 tandas de 20 minutos de entrenamientos libres en circuito, denominadas “Free Practice 1” y “Free Practice 2”. Se realizarán dos tandas para la Categoría “MotoStudent Petrol” y otras dos para la Categoría “MotoStudent Electric” de manera independiente.

G.5.1.1 Transcurridos los 20 minutos, se mostrará la bandera a cuadros en la línea de meta, y ya no podrá acceder a la pista ningún prototipo. Los prototipos que se encuentren en pista y pasen por la bandera a cuadros deberán abandonar la pista en la siguiente vuelta.

G.5.1.2 En caso de que el número máximo de prototipos aptos para competir en alguna de las Categorías sea superior al límite máximo permitido de prototipos en pista, la Organización establecerá dos grupos para la realización de las sesiones Free Practice.

G.5.1.3 Durante la sesión “Free Practice 1”, se desarrollará y puntuará la prueba “Test 4: V_{\max} in Speed Trap” de la Fase MS2.

G.5.1.4 Durante la sesión “Free Practice 2”, se desarrollará y puntuará la prueba “Test 5: Regularity” de la Fase MS2.

G.5.2 Test 4: V_{\max} in Speed Trap

Esta prueba consiste en obtener la máxima velocidad en un punto determinado del Circuito durante la sesión “Free Practice 1”.

G.5.2.1 En el punto de Speed Trap la Organización colocará un medidor de velocidad. La ubicación del Speed Trap será comunicada a los equipos durante el Evento Final.

G.5.2.2 Se considerará apto para el resultado de esta prueba cualquier paso por el punto de Speed Trap durante la sesión completa “Free Practice 1”, incluyendo las vueltas sin paso por línea de meta (con entrada y/o salida desde Pit Lane).

G.5.2.3 Una vez finalizada la sesión “Free Practice 1” se tomará la máxima velocidad entre el total de pasos por Speed Trap registrados por cada equipo para otorgar la calificación de la prueba. La puntuación final de la prueba se aplicará según la clasificación de las velocidades máximas obtenidas (de mayor a menor velocidad) por cada equipo, en base al siguiente criterio:

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	30	18º	10	35º	7
2º	28	19º	10	36º	6
3º	26	20º	10	37º	6
4º	24	21º	9	38º	6
5º	22	22º	9	39º	6
6º	20	23º	9	40º	6
7º	19	24º	9	41º	5
8º	18	25º	9	42º	5
9º	17	26º	8	43º	5
10º	16	27º	8	44º	5
11º	15	28º	8	45º	5
12º	14	29º	8	46º	4
13º	13	30º	8	47º	4
14º	12	31º	7	48º	4
15º	11	32º	7	49º	4
16º	10	33º	7	50º	4
17º	10	34º	7	...	1

G.5.3 Test 5: Regularity

Esta prueba consiste en conseguir la mayor regularidad de tiempos en un sector determinado del Circuito, tomando como referencia 3 vueltas diferentes dentro de la sesión “Free Practice 2”.

G.5.3.1 El tiempo tomado para la puntuación de la prueba será el del Sector 2 del Circuito de Velocidad. Los detalles del sector serán explicados a los equipos durante el Evento Final.

G.5.3.2 Se considerará apta para el resultado de esta prueba cualquier medición de tiempos del Sector 2 durante la sesión completa “Free Practice 2”, incluyendo las vueltas sin paso por línea de meta (con entrada y/o salida desde Pit Lane).

G.5.3.3 Una vez finalizada la sesión “Free Practice 2” de entre el total de registros de tiempos por cada equipo en el Sector 2 se tomarán las 3 mediciones de tiempos más aproximadas entre sí. De dichas 3 mediciones se determinará la diferencia de tiempo entre la medición más rápida y la más lenta, que será el valor determinado obtenido por cada equipo para aplicar la puntuación.

G.5.3.4 La puntuación final de la prueba se aplicará según la clasificación de las diferencias de tiempo finales obtenidas por cada equipo (de menor a mayor tiempo) en base al siguiente criterio:

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	30	18º	10	35º	7
2º	28	19º	10	36º	6
3º	26	20º	10	37º	6
4º	24	21º	9	38º	6
5º	22	22º	9	39º	6
6º	20	23º	9	40º	6
7º	19	24º	9	41º	5
8º	18	25º	9	42º	5
9º	17	26º	8	43º	5
10º	16	27º	8	44º	5
11º	15	28º	8	45º	5
12º	14	29º	8	46º	4
13º	13	30º	8	47º	4
14º	12	31º	7	48º	4
15º	11	32º	7	49º	4
16º	10	33º	7	50º	4
17º	10	34º	7	...	1

G.5.3.5 No se considerarán como aptas para la puntuación aquellas mediciones de tiempos del Sector 2 que superen 1' 20".

ARTÍCULO 6: SESIÓN WARM UP

La sesión Warm Up se realizará en el trazado Gran Prix FIM Internacional de MotorLand Aragón, con una longitud de 5.077,65m. Dicho Trazado viene representado en el Anexo 2 de la Sección J del presente Reglamento.

G.6.1 Desarrollo de la sesión

Los equipos dispondrán de 1 tanda de 10 minutos de entrenamiento libre en circuito, previamente a la sesión Qualifying. Se realizarán tandas independientes para cada categoría.

G.6.1.1 Transcurridos los 10 minutos, se mostrará la bandera a cuadros en la línea de meta, y ya no podrá acceder a la pista ningún prototipo. Los prototipos que se encuentren en pista y pasen por la bandera a cuadros deberán abandonar la pista en la siguiente vuelta.

- G.6.1.2 En caso de que el número máximo de prototipos aptos para competir en alguna de las categorías sea superior al límite máximo permitido de prototipos en pista, la Organización establecerá dos grupos para la realización de las sesiones de Warm Up.
- G.6.1.3 Durante la sesión Warm Up no se realizará ninguna prueba puntuable para la clasificación de la Fase MS2.

ARTÍCULO 7: SESIÓN QUALIFYING

La sesión Qualifying se realizará en el trazado Gran Prix FIM Internacional de MotorLand Aragón, con una longitud de 5.077,65m. Dicho Trazado viene representado en el Anexo 2 de la Sección J del presente Reglamento.

G.7.1 Desarrollo de la sesión

Los equipos dispondrán de 20 minutos de entrenamientos cronometrados en el Trazado FIM Internacional (Ver Anexo 2 de la Sección J). Se realizará una tanda para la categoría "MotoStudent Petrol" y otra para la categoría "MotoStudent Electric", de manera independiente.

- G.7.1.1 Transcurridos los 20 minutos, se mostrará la bandera a cuadros en la línea de meta, y ya no podrá acceder a la pista ningún prototipo. Los prototipos que se encuentren en pista y pasen por la bandera a cuadros deberán abandonar la pista en la siguiente vuelta.
- G.7.1.2 En caso de que el número máximo de prototipos aptos para competir en alguna de las categorías sea superior al límite máximo permitido de prototipos en pista, la Organización establecerá dos grupos para la realización de las sesiones Qualifying.
- G.7.1.3 El prototipo que se encuentre haciendo una vuelta cronometrada en el momento de finalización de los 20 minutos podrá completar la vuelta y el tiempo realizado en dicha vuelta será considerado como válido.
- G.7.1.4 Los tiempos de vuelta realizados por los prototipos en esta sesión serán recogidos por la Organización, y serán los que definan la clasificación para la parrilla de salida en la carrera final (Race).
- G.7.1.5 Durante la sesión Qualifying, se desarrollará y puntuará la prueba "Test 6: Pole Position" de la Fase MS2.

G.7.2 Test 6: Pole position

Esta prueba consiste en obtener el tiempo más rápido en dar una vuelta al circuito de velocidad.

G.7.2.1 La medición de los tiempos de esta prueba se llevará a cabo durante la sesión “Qualifying”.

G.7.2.2 La puntuación de la prueba se otorgará según la clasificación de los tiempos de vuelta obtenidos (de menor a mayor tiempo) en base al siguiente criterio:

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	40	18º	13	35º	7
2º	36	19º	13	36º	6
3º	34	20º	12	37º	6
4º	32	21º	12	38º	6
5º	30	22º	11	39º	5
6º	28	23º	11	40º	5
7º	26	24º	10	41º	5
8º	24	25º	10	42º	4
9º	22	26º	10	43º	4
10º	20	27º	9	44º	4
11º	19	28º	9	45º	3
12º	18	29º	9	46º	3
13º	17	30º	8	47º	3
14º	16	31º	8	48º	2
15º	15	32º	8	49º	2
16º	14	33º	7	50º	2
17º	14	34º	7	...	1

ARTÍCULO 8: RACE

Se desarrollará de manera independiente:

- La carrera final de la Categoría “MotoStudent Petrol”.
- La carrera final de la Categoría “MotoStudent Electric”.

Todas las carreras se realizarán en el trazado Gran Prix FIM Internacional de MotorLand Aragón, con una longitud de 5.077,65m. Dicho Trazado viene representado en el Anexo 2 de la Sección J del presente Reglamento.

G.8.1 Preclasificación para carrera: sesión Pre-Final

El número máximo de prototipos admitidos en parrilla para la sesión Race (carrera final) está limitado a 44 prototipos. Por ello, y únicamente en el caso de presentarse a la Fase MS2 más prototipos del límite admitido, se procederá a realizar una clasificación previa en formato carrera, que constará de dos sesiones denominadas Pre-Final 1 y Pre-Final 2.

G.8.1.1 La Organización comunicará en el propio Evento Final la composición y horarios para los equipos correspondientes a cada sesión Pre-Final. La composición de cada grupo vendrá determinada por las clasificaciones de tiempo, ordenadas de menor a mayor, obtenidas por los equipos en las sesiones “Qualifying”. A la sesión Pre-Final 1 optarán los equipos clasificados en posición impar y a la sesión Pre-Final 2 aquellos clasificados en posición par.

G.8.1.2 El orden de parrilla de salida para cada sesión Pre-Final se determinará según las clasificaciones de tiempo, ordenadas de menor a mayor, obtenidas por los equipos en las sesiones “Qualifying”.

G.8.1.3 A la parrilla de salida de la sesión Pre-Final solamente podrán acceder el piloto y un único Team Member, que únicamente podrá portar un caballete trasero. No podrá portar herramientas ni calentadores de neumáticos.

G.8.1.4 El procedimiento de sesión Pre-Final se configurará de la siguiente manera:

- Vuelta de formación desde Pit Lane a parrilla de salida.
- Countdown en parrilla de salida.
- Vuelta de calentamiento para parar de nuevo en parrilla.
- Sesión Pre-Final en formato carrera, con salida desde parado.

G.8.1.5 La duración de cada sesión Pre-Final será la siguiente:

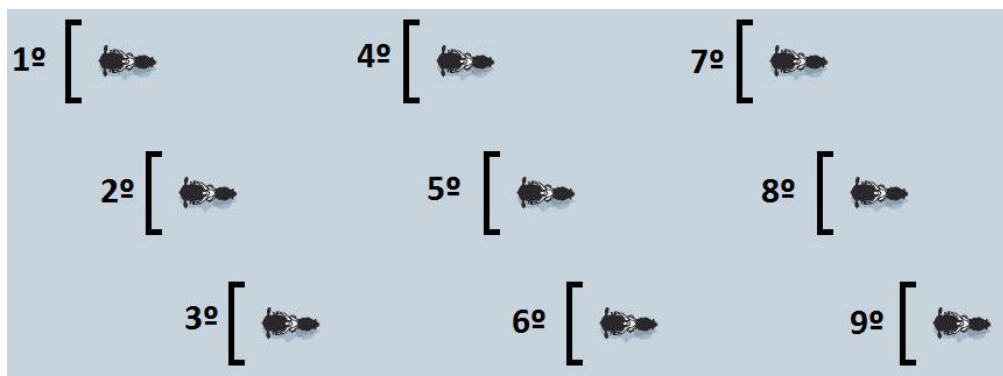
Categoría	Número de vueltas Pre-Final
MotoStudent Petrol	5
MotoStudent Electric	4

G.8.1.6 Tras la sesión Pre-Final, los prototipos podrán ser conducidos a Parc Fermé (parque cerrado) a criterio de la Organización, si así se estima conveniente para realizar los chequeos oportunos.

- G.8.1.7 La Organización establecerá un número de corte de 22 prototipos por cada sesión Pre-Final, que será el que permita la participación en la sesión Race (carrera final). Es decir, únicamente los 22 primeros clasificados en cada sesión Pre-Final podrán acceder a participar en la sesión Race.
- G.8.1.8 El resultado de la sesión Pre-Final únicamente determinará la clasificación para poder acceder a la sesión Race. El resultado de la sesión Pre-Final no será puntuable para la Fase MS2. Los equipos que no pasen la sesión Pre-Final mantendrán la puntuación obtenida en las pruebas previas de la Fase MS2 de cara a la clasificación general de la Competición, aunque no puedan pasar a obtener puntuación en las pruebas “Test 7: Best Race Lap” y “Test 8: Race Result”.
- G.8.1.9 La Organización se reserva el derecho a variar el límite de prototipos admitidos para clasificar en la sesión Pre-Final, comunicando en todo caso con la suficiente antelación a los equipos y siempre en pro de la seguridad de los pilotos participantes. En ningún caso la Organización podrá tomar decisiones contrarias a los requisitos de Homologación FIM del Circuito de Velocidad.

G.8.2 Parrilla de salida para sesión Race.

La parrilla de salida tendrá una configuración de 3 prototipos en cada línea, completando todos los huecos desde la línea de salida.



- G.8.2.1 El orden de salida se establecerá según la clasificación de los tiempos más rápidos obtenidos por cada prototipo en la sesión Qualifying, independientemente de si se hayan tenido que realizar sesiones Pre-Final de clasificación previa.
- G.8.2.2 A la parrilla de salida únicamente podrán acceder el piloto, los tutores y los alumnos registrados de cada equipo. Ningún acompañante podrá acceder si no es Team Member (miembro registrado).

G.8.2.3 Se permite introducir a la parrilla caballetes y herramientas básicas de mano necesarias para la asistencia previa a la carrera. No se permite el acceso a parrilla con ningún tipo de generador portátil. Se podrán utilizar calentadores para mantener la temperatura de neumático, pero éstos no podrán conectarse durante la formación de parrilla.

G.8.3 Desarrollo de la carrera

G.8.3.1 La carrera de la Categoría “MotoStudent Petrol” se desarrollará a 9 vueltas (Distancia recorrida aproximada de 45,7 Km aprox.).

G.8.3.2 El procedimiento de carrera de la Categoría “MotoStudent Petrol” se configurará de la siguiente manera:

- Vuelta de formación desde Pit Lane a parrilla de salida.
- Countdown en parrilla de salida.
- Vuelta de calentamiento para parar de nuevo en parrilla.
- Carrera (9 vueltas) con salida desde parado mediante semáforo.
- Vuelta de honor y regreso a Parc Fermé (parque cerrado).

G.8.3.3 La carrera de la Categoría “MotoStudent Electric” se desarrollará a 6 vueltas. (Distancia recorrida aproximada de 30,5 Km aprox.).

G.8.3.4 La carrera de la Categoría “MotoStudent Electric” se configurará de la siguiente manera:

- Acceso directo desde Pit Lane a parrilla de salida empujando el prototipo (sin vuelta de formación).
- Countdown en parrilla de salida.
- Vuelta de calentamiento para parar de nuevo en parrilla.
- Carrera (6 vueltas) con salida desde parado mediante semáforo.
- Vuelta de honor y regreso a Parc Fermé (parque cerrado) por trazado “Nacional” (2.379,12m).

- G.8.3.5 El tiempo máximo establecido para dar la vuelta de calentamiento previa será de 4' 30" desde la orden de salida. Una vez transcurrido este tiempo todo aquel prototipo que no esté colocado en el puesto correspondiente de la parrilla de salida deberá abandonar la pista de forma inmediata, pudiendo ser trasladado por los servicios de asistencia para tomar la salida desde Pit Lane de forma posterior.
- G.8.3.6 Tras las sesiones Race, los prototipos deberán permanecer en Parc Fermé (parque cerrado) durante el tiempo que la Organización estime conveniente para realizar los chequeos oportunos.
- G.8.3.7 Durante la sesión Race, se desarrollarán y puntuarán las pruebas "Test 7: Best Race Lap" y "Test 8: Race Result".

G.8.4 MS1 Handicaps

El resultado de los equipos en la Fase MS1 de la Competición podrá tener influencia directa sobre la aplicación de paradas de hándicap durante la sesión Race.

- G.8.4.1 Si la puntuación total de un equipo en la Fase MS1 no es igual o superior a ~~200~~ 150 puntos, deberá realizar ~~una parada de MS1 Handicap~~ un long lap penalty durante la sesión Race (carrera final) de la Fase MS2.
- G.8.4.2 El ~~tiempo número~~ total de ~~pase por Pit Lane long laps penalties~~ que deberá cumplir como mínimo cada equipo en su MS1 Handicap, ~~incluyendo el avance por Pit Lane y la parada frente al Box,~~ viene determinado en función de la puntuación total obtenida en la Fase MS1:

Intervalos de puntuación	Número de long laps penalties a realizar
150 > Puntuación MS1 ≥ 112	1
112 > Puntuación MS1 ≥ 75	2
75 > Puntuación MS1 ≥ 37	3
37 > Puntuación MS1	4

~~G.8.4.3 Los equipos afectados deberán realizar su parada de MS1 Handicap entre la vuelta 2 y la vuelta 5 de la sesión Race.~~

~~G.8.4.4 En la realización del MS1 Handicap el piloto deberá detener el prototipo en la zona de trabajo del Pit Lane, frente al Box del equipo. No se permite detener el prototipo en otra zona diferente a la correspondiente al Box del equipo.~~

~~G.8.4.5 El tiempo de parada frente al Box con el prototipo detenido no está determinado, siempre y cuando el paso total entre la entrada y salida del Pit Lane sea igual o superior al indicado en el Art. G.8.4.2. No obstante, al menos es obligatorio detener por completo el prototipo (0 Km/h) en la realización del MS1 Handicap.~~

~~G.8.4.6 Durante la parada del prototipo en el Box para la ejecución del MS1 Handicap ningún Team Member (integrante del equipo) podrá tocar el prototipo o al piloto, aunque sí que podrán darle indicaciones sin contacto físico. En caso de que haya un contacto entre cualquier miembro y el prototipo o el piloto, la Organización entenderá que se trata de una parada Pit Stop de asistencia, y no tendrá validez para el cumplimiento de MS1 Handicap, debiendo realizarlo en otra vuelta.~~

G.8.4.7 En caso de que un equipo no cumpla con el MS1 Handicap establecido o lo haga de manera errónea, se le aplicará una penalización de 120" en el tiempo total de carrera, retrasando así su posición en la clasificación final de la sesión. Se considerará que el MS1 Handicap no ha sido ejecutado correctamente cuando no se cumplan los requisitos indicados en este artículo.

G.8.5 Test 7: Best Race Lap

Durante la sesión Race se evaluará la prueba de vuelta rápida en carrera.

G.8.5.1 La Organización recogerá los mejores tiempos de vuelta obtenidos por cada equipo a lo largo de la duración de la carrera.

G.8.5.2 La puntuación de la prueba se otorgará según la clasificación de los tiempos de vuelta obtenidos (de menor a mayor tiempo) en base al siguiente criterio:

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	30	16º	10	31º	5
2º	28	17º	10	32º	5
3º	26	18º	9	33º	4
4º	24	19º	9	34º	4
5º	22	20º	9	35º	4
6º	20	21º	8	36º	3
7º	19	22º	8	37º	3
8º	18	23º	8	38º	3
9º	17	24º	7	39º	2
10º	16	25º	7	40º	2
11º	15	26º	7	41º	2
12º	14	27º	6	42º	1
13º	13	28º	6	43º	1
14º	12	29º	6	44º	1
15º	11	30º	5	...	0

G.8.6 Test 8: Race Result

El resultado final de carrera (sesión Race) determinará la puntuación de esta prueba.

G.8.6.1 Las puntuaciones de la prueba se otorgarán según la clasificación en carrera en base al siguiente criterio:

Posición	Puntuación	Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
1º	150	16º	65	31º	20
2º	140	17º	60	32º	18
3º	130	18º	55	33º	16
4º	125	19º	50	34º	14
5º	120	20º	45	35º	12
6º	115	21º	40	36º	10
7º	110	22º	38	37º	8
8º	105	23º	36	38º	7
9º	100	24º	34	39º	6
10º	95	25º	32	40º	5
11º	90	26º	30	41º	4
12º	85	27º	28	42º	3
13º	80	28º	26	43º	2
14º	75	29º	24	44º	1
15º	70	30º	22	...	0

ARTÍCULO 9: RESULTADOS DE LA FASE MS2

G.9.1 Puntuaciones

La distribución de sesiones y puntuación de las pruebas MS2 viene resumida en la siguiente tabla.

Sesión	Prueba	Puntuación
Round 1 / Round 2	Test 1: Brake Test	60
	Test 2: Gymkhana	100
	Test 3: Acceleration	60
Free Practice 1	Test 4: V _{max} in speed trap	30
Free Practice 2	Test 5: Regularity	30
Warm Up	-	-
Qualifying	Test 6: Pole Position	40
Pre-Final*	-	-
Race	Test 7: Best Race Lap	30
	Test 8: Race Result	150
Total		500

*La sesión Pre-Final clasificatoria se realizará únicamente en el caso de que los prototipos presentados superen el límite máximo admitido en configuración de carrera.

G.9.1.1 Si por causas ajenas a la Organización, como por ejemplo condiciones meteorológicas adversas, se debieran cancelar una o varias de las pruebas puntuables, el Comité Deportivo MS2 se reserva el derecho de modificar la asignación de puntuaciones, previa notificación a los equipos participantes.

G.9.1.2 En caso de empate de puntuaciones entre dos o más equipos en la clasificación general de la Fase MS2, la posición final de clasificación se basará en la puntuación de cada equipo en la Fase MS1, quedando por delante el equipo con mayor puntuación MS1.

G.9.2 Premios

Se otorgarán premios a los 3 primeros equipos clasificados en MS2:

- 1er clasificado MS2
- 2º clasificado MS2
- 3er clasificado MS2

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN H: EVENTO FINAL

ARTÍCULO 1: HORARIOS

H.1.1 Horarios Oficiales durante el Evento Final

La Organización establecerá una serie de horarios en los que citará a los equipos para la realización de las pruebas correspondientes a la Fase de Verificaciones, Fase MS1 y Fase MS2. Estos horarios serán publicados y remitidos a los equipos de forma previa al Evento Final.

- H.1.1.1 El incumplimiento de los horarios fijados por la Organización para el Evento Final supondrá la penalización del equipo en la prueba correspondiente, o incluso la exclusión de dicha prueba si por razones operativas así se considerara bajo causas justificadas.
- H.1.1.2 En la Categoría MotoStudent Electric, se garantizará un mínimo de 40 minutos entre pruebas para facilitar las recargas de batería.
- H.1.1.3 La Organización se reserva el derecho a realizar cualquier modificación sobre el horario en las pruebas planteadas.

ARTÍCULO 2: ESPACIOS E INSTALACIONES DURANTE EL EVENTO FINAL

Los equipos participantes se comprometen a cuidar las instalaciones donde tendrá lugar el Evento Final. De no ser así la Organización estará en derecho de aplicar sanciones o expulsar de la Competición a los infractores.

H.2.1 Definición de zonas

El Anexo 3 refleja la distribución orientativa de las diferentes áreas del Evento Final descritas a continuación.

- H.2.1.1 Start – Finish Straight: recta de meta del trazado Grand Prix FIM Internacional del circuito de MotorLand Aragón. Aparte de la salida y punto de meta durante las carreras, la recta albergará pruebas dinámicas de la Fase MS2 de la Competición, así como otras actividades paralelas.
- H.2.1.2 Pit Lane: vía que conecta el trazado del circuito con los Boxes de los equipos. Esta zona queda restringida únicamente a los alumnos, tutores y pilotos inscritos en la Competición. El acceso del público general al Pit Lane está prohibido.

H.2.1.3 Pit Building: edificio principal del circuito. Consta de tres plantas:

- Planta Baja: alberga los boxes de los equipos, así como zonas de baños y duchas.
- Planta 1ª: ~~alberga salas de presentaciones~~, restaurante, servicios, baños, terrazas y sala briefing.
- Planta 2ª: terrazas de público.

Las plantas están comunicadas por escaleras a través de las torres A, B, C, D, E y F. La torre E cuenta con un ascensor para minusválidos.

H.2.1.4 Public Terraces: distribuidas a lo largo del Pit Building, son terrazas de acceso libre al público para ver las actividades en pista.

H.2.1.5 Team Boxes: Boxes de trabajo para los equipos.

H.2.1.6 Technical Control Area: área de verificaciones donde la Organización llevará a cabo la inspección de los prototipos participantes (Static Scrutineering).

H.2.1.7 MotoStudent General Office: oficina principal de la Organización de la Competición para atención a los equipos inscritos.

H.2.1.8 Paddock General Office (PGO): oficinas de Paddock donde los equipos podrán ser llamados por los distintos comités organizativos (MS1, MS2, Técnico, Disciplinario, etc.) para cuestiones relacionadas con impugnaciones, irregularidades, aplicaciones disciplinarias, etc.

H.2.1.9 MotoStudent Shop: tienda oficial de la Organización. Los pagos en la tienda durante el Evento Final podrán realizarse en efectivo (€) o con tarjeta de crédito. Las tarjetas de crédito admitidas son:



H.2.1.10Tires Technical Service: punto de servicio para el suministro y montaje de neumáticos.

H.2.1.11Fuel Area: instalación para el suministro de la gasolina oficial.

H.2.1.12Dynamic Area: Espacio de Paddock para actividades dinámicas (Dynamic Safety Check, zona de prácticas reguladas, ...).

H.2.1.13Parc Fermé: parque cerrado.

~~H.2.1.14 MotoStudent Arena: Área del Paddock donde tendrán lugar actos como la Gala de entrega de premios MS1, presentaciones y otras actividades.~~

H.2.1.15 Fan Zone: zona comercial y de exhibición.

H.2.1.16 Medical Center: centro de atención médica.

H.2.1.17 Working Vehicles Parking: zona de estacionamiento de vehículos de trabajo.

H.2.2 Instalación de equipos

H.2.2.1 La Organización habilitará y asignará, de forma gratuita, una zona de trabajo (ubicada en el interior de un Box) a cada equipo donde deberán realizar las reparaciones y puesta a punto del prototipo.

H.2.2.2 Los Boxes disponen de tomas de corriente de 230V con enchufe modelo europeo o toma de 230V industrial y tomas trifásicas de 400V. Asimismo, están dotados de toma de TV para ver los resultados de cronometraje en directo, aire comprimido, tomas de agua y baño.

H.2.2.3 Los vehículos personales y de transporte deberán estacionarse en las zonas habilitadas para ello. Por las zonas de pista y pruebas solo podrán circular vehículos de la Organización.

ARTÍCULO 3: IDENTIFICACIÓN DE PARTICIPANTES

H.3.1 Identificaciones

Al acceder al Evento Final, la Organización proporcionará pase y pulsera acreditativa a cada uno de los integrantes del equipo, piloto, y tutor/es. Esta identificación servirá de indicación a la Organización para el seguimiento de las pruebas e intervenciones en el prototipo.

H.3.1.1 A los miembros inscritos se les colocará el pase y pulsera acreditativos en el momento de ingresar en el Evento Final, y deberán llevarlos puestos hasta su finalización.

H.3.1.2 Únicamente se entregará pases y pulseras acreditativas a los miembros oficialmente registrados como parte del equipo. Cualquier persona no registrada que acompañe al equipo tendrá la consideración de público general y, por lo tanto, no tendrá los mismos privilegios de accesos y actividad que los alumnos inscritos, detallados en el Art. A.1.6.5.

ARTÍCULO 4: NORMAS DE COMPORTAMIENTO

H.4.1 Comportamiento de los participantes durante el Evento Final

Para conseguir una buena convivencia durante el Evento Final quedan terminantemente prohibidas las siguientes acciones:

- Cocinar en el interior de los Boxes y en los espacios no permitidos por la Organización.
- Dormir en el interior de los Boxes.
- Instalar tiendas de campañas en los espacios no permitidos por la Organización.
- Entrada de animales domésticos en el Paddock.
- Fumar, encender fuego o depositar recipientes de gas dentro de los Boxes.
- Estacionar dentro del Paddock un vehículo no autorizado.
- El intercambio de pases de personas y vehículos.
- Pintar, perforar, desmontar o realizar un mal uso de las instalaciones del circuito.

H.4.2 Vehículos autorizados en Paddock

H.4.2.1 El prototipo sólo se podrá mover por sus propios medios durante las pruebas planteadas, para el resto de movimientos por el Paddock deberá ser empujado o trasladado con el motor parado.

H.4.2.2 El tráfico de vehículos por el Paddock queda restringido únicamente a vehículos de la Organización y los siguientes vehículos ligeros:

- Vehículos sin motor (patinetes, bicicletas ...).
- Vehículos de movilidad personal (patinete motorizado, bicicleta asistida, ...)
- Scooters.

H.4.2.3 Queda terminantemente prohibida la circulación de cualquier vehículo en el Pit Lane (a excepción de los prototipos), salvo el acceso de vehículos no motorizados durante el horario habilitado para la realización de inspección de pista.

H.4.2.4 La circulación de los vehículos indicados en el Art. H.4.2.2 deberá regirse por las siguientes normas:

- No podrán circular más de dos personas.
- Los menores de 14 años no podrán pilotar ningún vehículo.
- Se prohíbe la conducción temeraria dentro del paddock.
- La circulación de vehículos estará prohibida durante las horas de silencio (23:00 – 07:00 horas).
- Será obligatorio el uso de casco.

H.4.3 Manipulación del prototipo

Por motivos de seguridad la manipulación del prototipo deberá atender a las normas a continuación expuestas. El incumplimiento de estas reglas puede suponer penalización o incluso expulsión de la Competición.

H.4.3.1 Las reparaciones y manipulaciones sobre el prototipo durante el Evento Final sólo podrán realizarse en el interior del Box de cada equipo.

H.4.3.2 Se permite el traslado del prototipo fuera de las instalaciones del circuito durante el Evento Final (por ejemplo, para la realización de prácticas en circuito de karting).

ARTÍCULO 5: COMUNICACIÓN

H.5.1 Contacto con la Organización durante el Evento Final

El contacto entre equipos y Organización durante el Evento Final deberá realizarse prioritariamente a través del MotoStudent General Office.

- H.5.1.1 Durante el Evento Final cualquier tutor, team leader o piloto puede ser citado por la Organización para la comunicación de incidencias. Los equipos tienen la obligación de acudir a estas citas en el lugar que se les indique en un período máximo de 15 minutos desde el aviso correspondiente.

H.5.2 Briefings

Durante el Evento Final, la Organización realizará varios briefing para explicar el desarrollo de la Competición a equipos, tutores y pilotos.

- H.5.2.1 Los team leader, tutores o pilotos tienen obligatoriedad de asistir a los briefings a los que sean convocados por la Organización. Se penalizará la no asistencia a estos briefings sin una causa justificada.

H.5.3 Comunicación de tiempos y resultados

La Organización comunicará los tiempos de pruebas y resultados a través de distintos medios.

- H.5.3.1 La Organización publicará en el tablón de anuncios habilitado en el Paddock los resultados obtenidos en cada una de las pruebas.
- H.5.3.2 Los resultados de cronometraje de las sesiones "Free Practices", "Warm Up", "Qualifying" y "Race" serán emitidos en directo por la señal de TV interna del circuito. Además de emitirse por pantallas en instalaciones comunes, todos los Boxes y muro dispondrán de tomas de TV para poder acceder a la emisión de tiempos.
- H.5.3.3 Los resultados de cronometraje de las sesiones "Free Practices", "Warm Up", "Qualifying" y "Race" serán emitidos en directo a través de internet. La Organización comunicará a los equipos la plataforma web a la cual acceder para el seguimiento de tiempos en directo.

H.5.3.4 Los resultados finales obtenidos en cada prueba serán publicados en la web una vez finalizada la Competición.

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN I: GLOSARIO DE MODIFICACIONES

ARTÍCULO 1: REVISIONES DEL REGLAMENTO

I.1.1 Objetivos de la Sección I: Glosario de Modificaciones

La presente sección refleja todas las actualizaciones definidas en las diferentes revisiones del Reglamento de la Competición para la Competición Internacional MotoStudent 2019-2020.

I.1.1.1 La última revisión del Reglamento de la Competición, actualizada por la Organización en la Web Oficial (www.motostudent.com), y distribuida a todos los equipos, será la que prevalezca sobre cualquier otra revisión previa.

I.1.1.2 Cualquier modificación introducida en cada revisión, en comparación con la última revisión publicada, se marcará en rojo en la revisión actualizada, al menos durante un mes desde su publicación.

ARTÍCULO 2: REVISIÓN DEL REGLAMENTO REF 04.2019 (ABRIL 2019)

I.2.1 Cambios en la Sección A

I.2.1.1 El Artículo A.6.1 se ha modificado.

I.2.2 Cambios en la Sección C

I.2.2.1 Se han añadido los Artículos C.8.1.5 y C.8.1.6.

ARTÍCULO 3: REVISIÓN DEL REGLAMENTO REF 07.2019 (JULIO 2019)

I.3.1 Cambios en la Sección B

I.3.1.1 El Artículo B.1.4.1 se ha modificado.

I.3.2 Cambios en la Sección H

I.3.2.1 El Artículo H.2.2.2 se ha modificado.

I.3.2.2 El Artículo H.4.1 se ha modificado.

ARTICLE 4: REVISIÓN DEL REGLAMENTO REF 10.2019 (OCTUBRE 2019)

I.4.1 Cambios en la Sección B

I.4.1.1 Se ha añadido el Artículo B.10.6.

I.4.2 Cambios en la Sección C

I.4.2.1 El Artículo C.2.2.1 se ha modificado.

I.4.2.2 El Artículo C.3.1.4 se ha modificado.

I.4.2.3 El Artículo C.8.1.5 se ha modificado.

I.4.2.4 El Artículo C.8.1.6 se ha modificado.

ARTICLE 5: REVISION OF THE REGULATIONS REF 06.2021 (JUNE 2021)

I.5.1 Changes in Section A

I.5.1.1. El Artículo A.1.6.5. ha sido modificado.

I.5.1.2. El Artículo A.3.5.1. ha sido modificado.

I.5.1.3. Los Artículos A.6.3.2., A.6.3.3, A.6.4.3, A.6.4.4., A.6.5.2., A.6.5.3., A.6.5.4., A.6.5.5. A.6.5.6 han sido modificados.

I.5.1.4. El Artículo A.6.6. ha sido modificado.

I.5.2 Changes in Section B

I.5.2.1 El Artículo B.4.2.2. ha sido modificado.

I.5.2.2 El Artículo B.12.1.1. ha sido modificado.

I.5.3 Changes in Section D

I.5.3.1 El Artículo D.13.1.1. ha sido modificado.

I.5.4 Changes in Section F

I.5.4.1 Los Artículos F.3.2.8., F.4.3.5., F.4.3.7., F.4.3.8. y F.4.3.11. han sido eliminados.

I.5.4.2. El Artículo F.4. ha sido modificado.

I.5.4.3. Los Artículos F.4.3.1. y F.4.3.2. han sido modificados.

I.5.4.4. El Artículo F.4.3.4. ha sido modificado.

I.5.4.5. El Artículo F.4.3.6. ha sido modificado.

I.5.4.6. El Artículo F.4.3.9. ha sido modificado.

I.5.4.7. Los Artículos F.4.3.12. y F.4.3.13. han sido añadidos.

I.5.4.8. El Artículo F.5.1.4. ha sido modificado.

I.5.5 Changes in Section G

I.5.5.1 El Artículo G.8.4. ha sido modificado.

I.5.6 Changes in Section H

I.5.6.1 El Artículo H.2.1.3. ha sido modificado.

I.5.6.2. El Artículo H.2.1.14. ha sido eliminado.

**TODO AQUELLO QUE NO ESTÁ AUTORIZADO Y PRECISADO EN ESTE
REGLAMENTO ESTÁ TOTALMENTE PROHIBIDO**

VI Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN J: ANEXOS

ANEXO 1: FORMATO DE RECLAMACIÓN O IMPUGNACIÓN

D. /Dña. _____ con DNI _____, en calidad de Tutor /Team Leader del equipo _____, representando a la universidad _____ con dorsal _____ participante en la Categoría MotoStudent _____, mediante el presente escrito *(marcar con una X)*:

☐ **RECLAMA** a la Organización de la VI Edición de la Competición Internacional MotoStudent:

☐ **IMPUGNA** al equipo _____ con Dorsal _____:

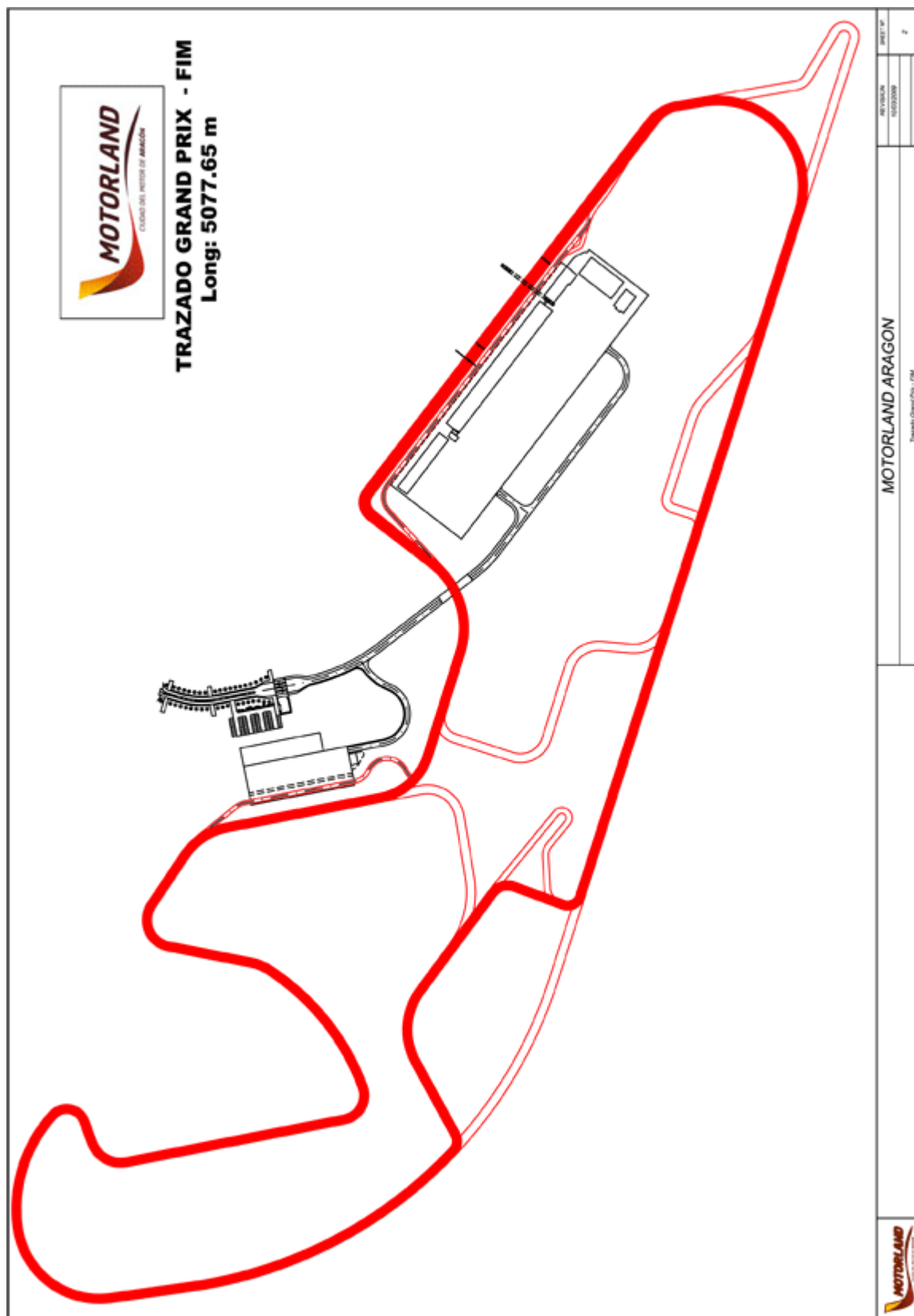
Por lo que considera violado el Artículo _____ del Reglamento de la Competición donde se estipula:

Asimismo, aporta las siguientes pruebas para que sean tenidas en cuenta por la Organización a la hora de verificar la presente reclamación:

Y para que así conste, firma la presente en _____, a ____ de _____ de 20__

D. /Dña. _____

ANEXO 2: TRAZADO DE PISTA



[illegible]



Moto Engineering Foundation
grants to:



Iñigo Lizarralde Gilcuartero

**the present certificate for his/her participation in the
VI MotoStudent International Competition 2019 - 2021
celebrated at MotorLand Aragón.**

Alcañiz, 18th of July 2021,

MEF
Moto Engineering Foundation
PARQUE TECNOLÓGICO TECHNOPARK MOTORLAND
G-44.223.477 | 44600 ALCANIZ - TERUEL (SPAIN)

Moto Engineering Foundation

